Environment Canada
Service canadien des forêts

Environnement Canada
Canadian Forestry Service

Conseils pour la culture en récipient des semis de conifères dans les provinces des Prairies

85-2573/

Conseils pour la culture en récipient des semis de conifères dans les provinces des Prairies

L.W. Carlson

Rapport d'information NOR-X-214F

Centre de recherche forestière du Nord
Service canadien des forêts
Environnement Canada

Édition révisée, 1983

Première édition de la version française, 1980

Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de catalogue Fo46-12/214F
ISBN 0-662-91879-7
ISSN 0704-7673

On peut obtenir gratuitement d'autres exemplaires de cette publication à l'adresse suivante:

Centre de recherche forestière du Nord
Service canadien des forêts
Environnement Canada
5320-122 Street
Edmonton (Alberta) Canada
T6H 3S5

This publication is also available in English under the title
Guidelines for rearing containerized conifer seedlings in the Prairie Provinces.

Carlson, L.W. 1983. Conseils pour la culture en récipient des semis de conifères dans les provinces des Prairies: Environ. Can., Serv. can. forêts, Centre rech. for. Nord, Edmonton (Alberta). Rapport d'inf. NOR-X-214F. Révisé.

PRÉFACE

Les programmes de reboisement qui progressent rapidement dans les trois provinces des Prairies ont créé un urgent besoin de lignes directrices visant la culture des semis dans des récipients de qualité supérieure. Matthews (1971) a préparé un manuel provisoire pour la Colombie-Britannique peu après l'introduction au Canada des semis en récipients. Par la suite, son ouvrage a été suivi d'autres manuels appropriés à des types particuliers de récipients, mais la plus grande partie de l'information sur la culture des semis en récipient dans les provinces des Prairies restait éparpillée çà et là dans des brochures, des articles de revues et les rapports internes des divers centres de recherches des gouvernements et des universités. La présente publication a comme objectif de réunir, sous un même titre, les renseignements fragmentaires disponibles et de scruter l'expérience que l'auteur a pu accumuler au cours de 8 années consacrées à la théorie et à la pratique de la culture des semis en récipient. Bien que les conseils soient principalement destinés aux producteurs en serre d'Épinette blanche, de Pin tordu et de Pin gris, tout directeur de production avisé devrait pouvoir appliquer facilement les principes fondamentaux de cette culture à d'autres espèces résineuses.

PREFACE

Rapidly expanding reforestation programs in the three Prairie Provinces have created a pressing need for a set of guidelines on rearing high-quality containerized conifer seedlings. A provisional rearing manual for use in British Columbia was prepared by Matthews (1971) shortly after the introduction of containerized seedling systems in Canada. This manual has since been supplemented by operational manuals for specific container types, but by and large, information on rearing container seedlings in the Prairies is scattered in bulletins, journal articles, and internal reports by various government and university research centers. The purpose of this publication is to assemble under one cover the fragmented, piecemeal information available and to distill the experience of the author gained through 8 years involvement in the theory and practice of growing containerized seedlings. Although the guidelines are directed primarily at the greenhouse production of white spruce, lodgepole pine, and jack pine, it should be possible for the experienced production manager to apply the basic principles of rearing to other coniferous species.

Lester W. Carlson

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
QUALITÉ DES SEMIS	1
Hauteur	1
Poids anhydre	1
Diamètre de la tige	4
Condition physique	4
TYPES DE RÉCIPIENTS	5
MILIEUX DE CULTURE	5
Tourbe	12
Tourbe et vermiculite	12
Propriétés chimiques nécessaires à la tourbe	12
Propriétés physiques exigées de la tourbe	13
Techniques de mesurage des propriétés physiques de la tourbe	13
REMPLISSAGE DES RÉCIPIENTS AVEC DE LA TOURBE	17
Préparation de la tourbe	17
Méthodes de remplissage	18
ENSEMENCEMENT	18
Manipulation des graines	18
Nettoyage et triage des graines	18
Stockage des graines	19
Qualité des graines	19
Traitements de préensemencement	19
Stratification	21
Lutte contre les maladies	21
Divers	22
Préparation du substrat pour les semis	22
Méthodes d'ensemencement	22
Distribution des graines	22
Densité de l'ensemencement	23
Traitements après ensemencement	23
Enfouissement	23
Feuilles en plastique	23
GERMINATION	24
Régulation de la germination	24
Toile en plastique	24
Température	24
Humidité	24
Lumière	25
Utilisation de serres et de chambres de croissance	25
ÉCLAIRCIE ET REGARNIS	25
Éclaircie	25
Regarnis	26

Page

CONDITIONS DANS LES SERRES 26
Température 26
Humidité 26
Lumière 27
Photopériode 27
Intensité lumineuse 27
Qualité de la lumière 28

NUTRITION DES SEMIS 28
Programmes de fertilisation 29
Application manuelle des fertilisants 29
Application automatique des fertilisants 30
Lessivage des éléments nutritifs 31
Rinçage des aiguilles 31
Source des éléments nutritifs 32
Régimes nutritifs spécifiques 32
Solutions de nutrition 32
Solutions mères 33

ARROSAGE 34
L'eau et le substrat 34
Mesurage de l'humidité du substrat 34
Sources d'eau 35
Modification de la qualité de l'eau 35
Fréquence et quantité de l'eau utilisée 35
Systèmes d'arrosage 37
Opérations manuelles 37
Opérations automatisées 37

ENDURCISSEMENT 37
Endurcissement dans les abris solaires 38
Endurcissement en serre (culture hivernale) 39
Indices visuels de l'endurcissement des semis 40

CALENDRIERS DE CULTURE ET TENUE DES FICHES 40
Calendriers de culture 40
Archives de culture de la pépinière 40
Autres dossiers 50

IDENTIFICATION ET RÉSOLUTION DES PROBLÈMES 50
Remèdes précis aux problèmes dus aux champignons, insectes et petits mammifères 57
Problèmes dus aux champignons 57
Fonte des semis 57
Botrytis (moisissure grise) 57
Champignons saprophytes 57
Moisissure nivale 58
Problèmes causés par les insectes 58
Problèmes causés par les petits mammifères 58

MANIPULATION ET EXPÉDITION 60

REPIQUAGE 60

REMERCIEMENTS 61

BIBLIOGRAPHIE 61

ANNEXE 1. Unités utilisées 64

LISTE DES FIGURES

1. Accroissement en hauteur d'un Pin tordu latifolié de 7 semaines (a), d'une Épinette blanche de 7 semaines (b) et d'une Épinette blanche de 20 semaines (c). 2

2. Accroissement en hauteur d'un semis d'Épinette blanche au bout de 20 semaines dans un alvéole de 35 cm^3 et un autre de 115 cm^3. 3

3. Récipients employés ou essayés au Canada entre 1966, époque où les récipients sont devenus opérationnels, et 1972. 6

4. Récipients actuellement employés dans les provinces des Prairies, et un semis d'Épinette blanche de 20 semaines. 9

5. Installation d'atomisation et bassin de 1 cm de profondeur pour assurer une teneur en humidité normale de la tourbe avant l'échantillonnage visant à déterminer les propriétés physiques. 15

6. Nettoyeur de graines à tamis vibrant. 20

7. Table gravimétrique employée pour séparer les graines selon la taille et le poids. 20

8. Nettoyeur et séparateur de graines de type South Dakota. 21

9. Germination et émergence d'un semis de Pin tordu latifolié. 24

10. Effets de la concentration d'ions d'hydrogène (pH) sur la disponibilité en éléments nutritifs. .. 30

11. Zones de rusticité des plantes dans les provinces des Prairies. 39

12. Fiche d'inscription des renseignements sur les semis conteneurisés. 51

LISTE DES TABLEAUX

1. Principaux types de récipients actuellement employés dans les provinces des Prairies. 8

2. Propriétés physiques de la tourbe provenant des provinces des Prairies et normes acceptables de la qualité de la tourbe. 13

3. Temps de germination et températures préférées de certaines essences résineuses. 25

4. Régimes nutritifs recommandés (solutions de nutrition) pour la croissance optimale des semis de conifères cultivés en récipient dans les provinces des Prairies 31

5. Principales analyses de l'eau et leur signification. 36

6. Calendriers de culture pour l'Épinette blanche, le Pin gris et le Pin tordu latifolié dans la zone de rusticité nº 1. 41

7. Calendriers de culture pour l'Épinette blanche, le Pin gris et le Pin tordu latifolié dans la zone de rusticité nº 2. 44

8. Calendriers de culture de l'Épinette blanche, du Pin gris et du Pin tordu latifolié dans la zone de rusticité nº 3. 46

9. Clé des symptômes pour l'identification des problèmes pouvant se présenter lors de la culture des semis en récipient. 52

10. Index des causes et solutions des problèmes qui peuvent se présenter lors de la culture des semis en récipient. 54

11. Insecticides homologués pour la lutte contre les insectes ravageurs des plantes ligneuses cultivées dans les serres. 59

NOTE

Le fait qu'un produit manufacturé soit ou ne soit pas mentionné dans le présent rapport ne constitue en rien, aux yeux du Service canadien des forêts, une appréciation de la qualité dudit produit.

INTRODUCTION

Le plantage en récipient consiste à faire pousser des semis dans un milieu propice (substrat), comme de la tourbe, dans une forme quelconque de récipient puis à les repiquer avec leur milieu d'enracinement. Les principaux avantages de la méthode sont les suivants: de courtes périodes de production, une durée accrue de la saison de plantage, un choc plantatoire minimal, une manipulation facile et une capacité de concurrence commerciale par rapport aux méthodes classiques de semis à racines nues.

Au cours des treize dernières années, de nombreuses méthodes de semis en récipient ont été perfectionnées pour la culture des semis de conifères à l'occasion de programmes de reboisement. Avec chacune des nouvelles méthodes, les techniques ont évolué et dans de nombreux cas la qualité des semis s'en est trouvée améliorée. En réalité, il est souvent arrivé qu'un nouveau récipient soit tout de suite accepté dans l'espoir d'obtenir une croissance des semis améliorée. En même temps que les méthodes de culture en récipient évoluaient, les connaissances sur la biologie des semis faisaient aussi des progrès et nous permettaient d'améliorer leur croissance. Les présents principes directeurs ont pour but de faire le point sur les pratiques de culture par rapport à nos connaissances fondamentales en biologie.

Dans l'avant-propos de son manuel provisoire de production des semis en récipient, Matthews (1971) a admis qu'aucun ingrédient employé dans les recettes de culture ne pouvait remplacer les tendres soins "maternels". Espérons que les présents conseils permettront de mieux définir ce que devraient être ces tendres soins "maternels". La culture des semis de conifères en récipient est encore considérée comme un art et, comme on le sait, l'art véritable ne peut être produit en série. Il reste cependant que le besoin de production en série des semis est devenu évident, et c'est pourquoi j'ai fait de mon mieux pour présenter de façon scientifique ce qui n'était encore hier qu'une simple forme d'art.

QUALITÉ DES SEMIS

Avant de faire la moindre recommandation pour la production des semis en récipient, un objectif de production doit être déterminé. Cet objectif *ne* devrait *pas* être de produire un certain nombre de semis, mais de produire des semis de qualité et possédant des dimensions spécifiques et contrôlables au cours du processus de culture. Les critères qualitatifs doivent comprendre la hauteur, le poids anhydre, le diamètre de la tige et certaines conditions physiques.

Hauteur

À la fin de la période de culture des plants, la hauteur des semis, mesurée du sol au sommet du bourgeon terminal, doit varier suivant les espèces et la longueur de la période de culture (figure 1) ainsi que le volume du récipient pour les racines (figure 2). La hauteur minimale acceptable des semis cultivés dans des récipients de 40 cm^3 au moment du repiquage doit être la suivante:

Espèces[1]	Hauteur (cm)
Pin gris	8-10
Pin tordu latifolié	8-10
Pin rouge	9-12
Épinette blanche	10-13
Épinette noire	12-15
Épinette du Colorado	10-12
Douglas taxifolié	12-14

Pour obtenir ces hauteurs minimales acceptables pour des espèces importantes à l'échelle locale, une période de culture de 20 semaines est nécessaire:

Espèces	Période de culture Nombre de semaines après la germination		
	8	14	20
	Hauteur (cm)		
Pin gris	4	8	10
Pin tordu latifolié	4	8	10
Épinette blanche	5	10	13
Épinette noire	5	12	15
Douglas taxifolié	4	9	12

Poids anhydre

Plusieurs indications de la qualité des semis peuvent être déduites à partir de mesures du poids anhydre (soit des semis séchés dans des sacs en papier pendant 24 heures à 85°C). Le poids

[1] Pin gris, *Pinus banksiana* Lamb.; Pin tordu latifolié, *Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.; Pin rouge, *Pinus resinosa* Ait.; Épinette blanche, *Picea glauca* (Moench) Voss; Épinette noire, *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.; Épinette du Colorado, *Picea pungens* Engelm.; et Douglas taxifolié, *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco.

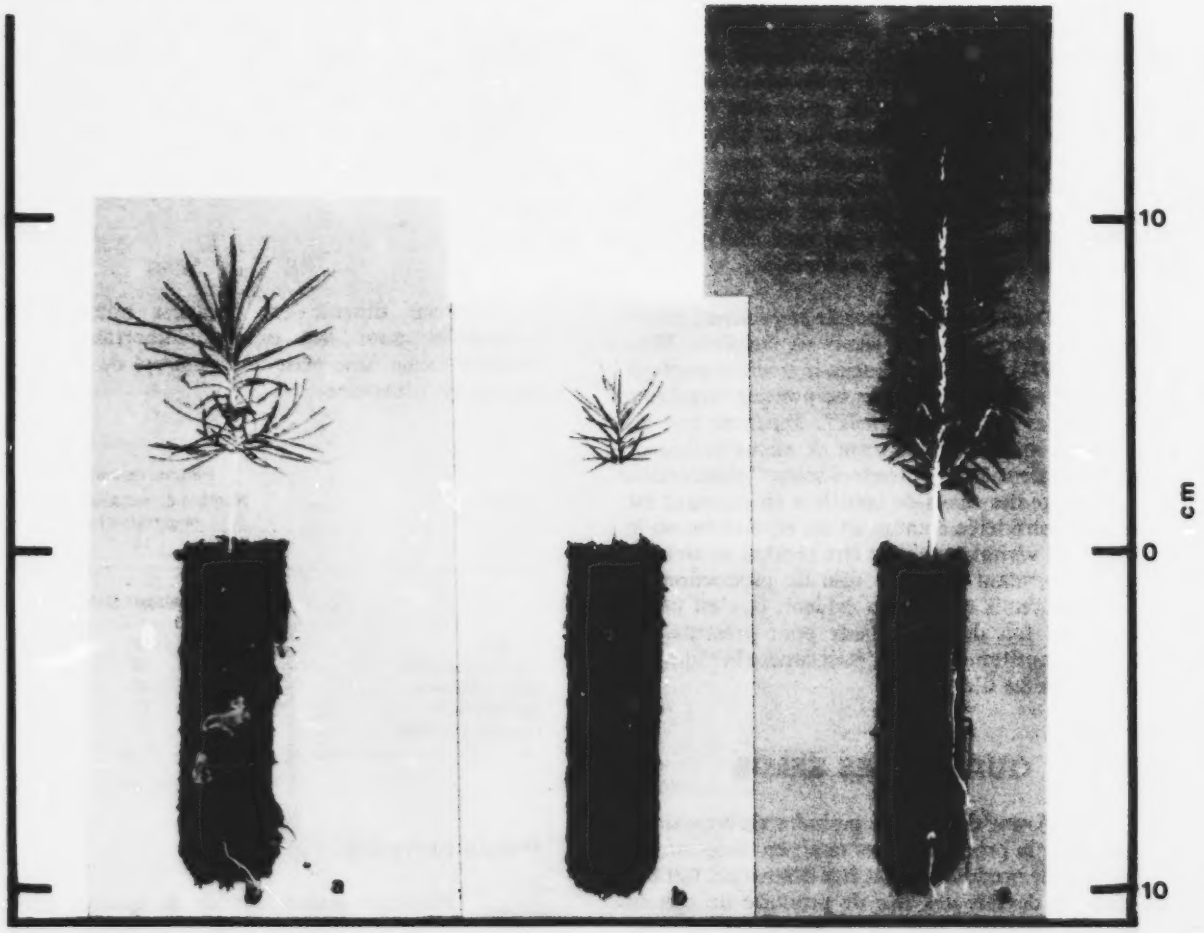


Figure 1. Accroissement en hauteur d'un Pin tordu latifolié de 7 semaines (a), d'une Épinette blanche de 7 semaines (b) et d'une Épinette blanche de 20 semaines (c). Tous les semis ont été cultivés dans des récipients Spencer-Lemaire (Ferdinand).

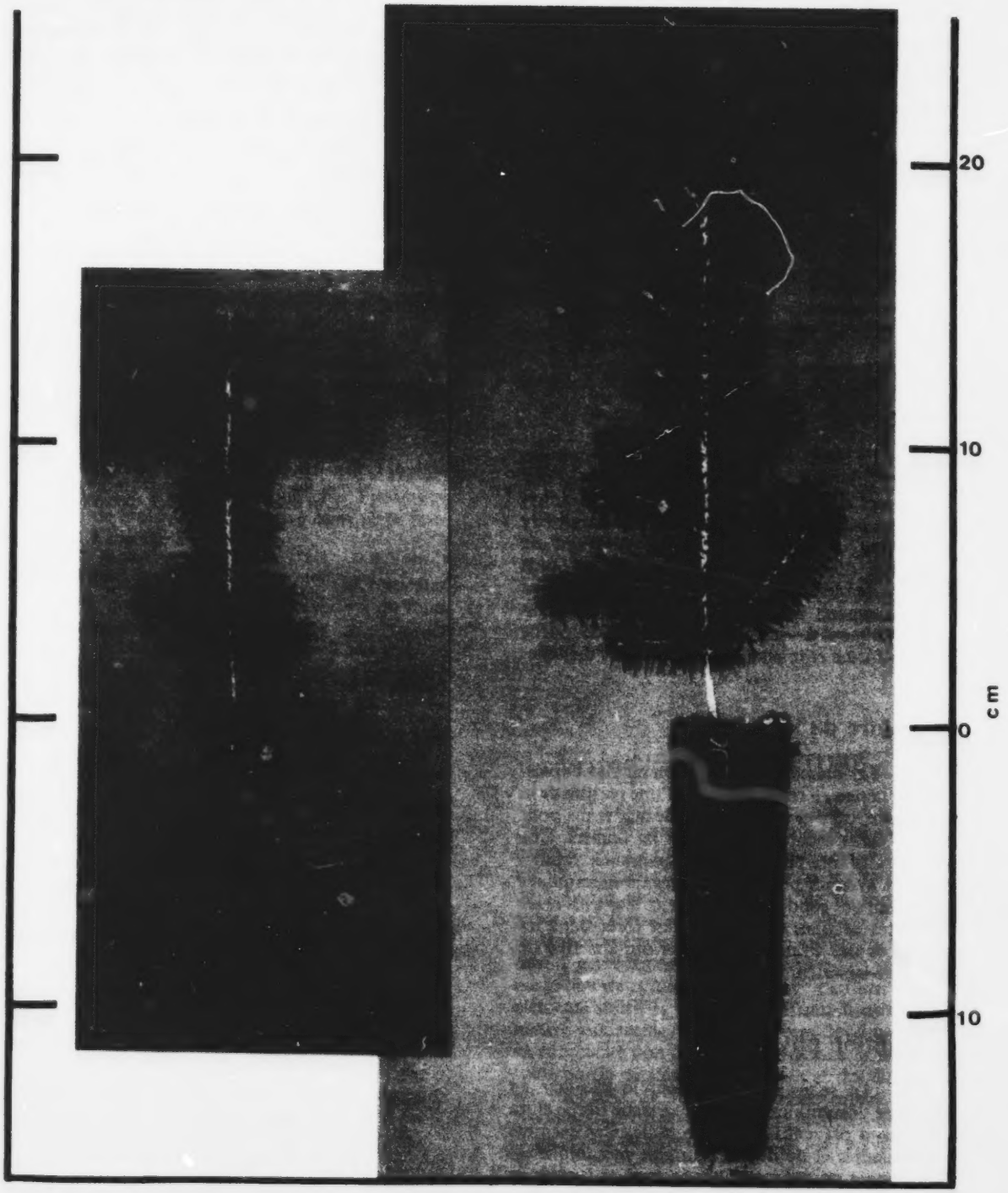


Figure 2. Accroissement en hauteur d'un semis d'Épinette blanche au bout de 20 semaines dans un alvéole de 35 cm^3 (styrobloc n° 2 BC/CFS, à gauche) et dans un alvéole de 115 cm^3 (styrobloc n° 8 BC/CFS, à droite).

anhydre total du semis idéal prêt à être repiqué dans les provinces des Prairies doit être supérieur à 1 000 mg pour les espèces de Pin et à 750 mg pour celles d'Épinette et les autres conifères. Les pousses de Pin doivent avoir un poids anhydre supérieur à 670 mg, tandis que celles d'Épinette doivent être supérieures à 565 mg. Le poids des racines doit être respectivement supérieur à 330 et 185 mg. Le coefficient pousses/racines ne doit pas dépasser 2:1 pour les espèces de Pin ou 3:1 pour les espèces d'Épinette. À partir des poids anhydres, on peut aussi déduire un autre paramètre permettant de mesurer la qualité; il s'agit de l'intensité d'enracinement, c'est-à-dire le poids anhydre de racines par centimètre cube de volume d'enracinement. De manière générale, à des intensités inférieures à 4 mg par cm^3, la motte de tourbe perd sa forme et le plantage devient plus difficile.

	Semis idéaux	
	Espèces de Pins	Épinettes et autres conifères
	Poids anhydre (mg)	
Pousse	670	565
Racine	330	185
Total	1 000	750
Coefficient pousse/racine	2:1	3:1

Diamètre de la tige

Par diamètre de la tige on entend l'épaisseur de la tige au collet. Il s'agit d'une mesure de la résistance, celle-ci étant essentielle aux semis pour éviter l'écrasement par l'herbe et les feuilles. Une plante résistante peut aussi être manipulée rapidement et avec un minimum de dégâts mécaniques découlant des conditions du terrain. Les Pins et les Épinettes destinés au plantage en forêt dans les provinces des Prairies doivent avoir une tige de diamètre supérieur à 2 mm.

Condition physique

Le semis employés pour le plantage en forêt ne doivent posséder qu'une seule flèche et un bourgeon préventif de bonne taille, être exempts de maladies et de dégâts d'origine mécanique, et finalement posséder une bonne couleur verte sans aucun symptôme de carence de matières nutritives. Une attention spéciale doit être accordée à la prévention des dégâts mécaniques, c'est-à-dire toute forme de dégâts causés par le matériel ou de mauvaises pratiques sylvicoles. Le problème le plus fréquent est celui du brunissement hivernal des plants ayant passé l'hiver sous un manteau nival insuffisant ou encore celui de la protection insuffisante contre la dessiccation par les vents à la fin de l'hiver ou au début du printemps.

Bibliographie choisie

Ackerman, R.F., D.I. Crossley, L.L. Kennedy, and J. Chedzoy. 1965. Preliminary results of a field test of bullet planting in Alberta. Canada Department of Forestry, Forest Research Branch. Publication 1098.

Aldhous, J.R. 1972. Nursery practice. United Kingdom Forestry Commission. Bulletin No. 43. Her Majesty's Stationery Office. London.

Carlson, L.W. and F. Endean. 1976. The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research 6:221-224.

Carman, R.O. 1967. An industrial application of the container planting technique. Pulp and Paper Magazine of Canada 68(4):WR.181-188.

Cayford, J.H. 1972. Container planting systems in Canada. Forestry Chronicle 48:235-239.

Endean, F. and L.W. Carlson. 1975. The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pine seedlings. Canadian Journal of Forest Research 5:55-60.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X-58. 57 pp.

Roller, K.J. 1977. Suggested minimum standards for containerized seedlings in Nova Scotia. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. Information Report M-X-69. 18 pp.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

Waldron, R.M. (Ed.). 1972. Proceedings of a workshop on container planting in Canada. Environment Canada, Canadian Forestry Service, Directorate of Program Coordination. Information Report DPC-X-2. 168 pp.

TYPES DE RÉCIPIENTS

De nombreux types différents de récipients (figure 3) ont été fabriqués et soumis à des essais dans les 10 premières années (1966-1976) au cours desquelles des programmes de semis en récipient ont été mis au point. Dans les provinces des Prairies, seuls les pots en papier du Japon et le tuteur de racines Spencer-Lemaire sont toujours de sérieux rivaux au titre de système préféré. Toutefois, le styrobloc BC/CFS, très répandu sur la côte ouest et dans l'ouest des États-Unis, est encore concurrentiel. Tous les récipients, même le saucisson RCA et le tube Ontario aujourd'hui abandonnés, possèdent des avantages et des inconvénients. Au moment de choisir un type de récipient, le producteur doit considérer les points suivants:

1. Est-ce qu'on y trouve les dimensions alvéolaires optimales pour obtenir un semis de haute qualité suivant la possibilité prescrite retenue?

2. Le fond du récipient possède-t-il une ouverture assez grande pour empêcher l'interruption de croissance des racines lorsque se produit l'élagage à l'air?

3. Le récipient possède-t-il des rainures verticales qui se prolongent jusqu'à l'ouverture du fond pour y diriger les racines?

4. Le récipient a-t-il une forme légèrement incurvée vers l'ouverture du fond?

5. Le récipient est-il prêt à servir ou doit-il être assemblé?

6. Les récipients s'intègrent-ils facilement dans un système opérationnel efficace?

7. Le récipient se prête-t-il bien à la distribution dans le champ?

8. Le récipient peut-il être facilement transporté par les planteurs?

9. Le semis est-il facile à retirer du récipient?

10. Le récipient est-il réutilisable?

11. Les récipients peuvent-ils être manipulés sur des palettes recyclables à partir de la surface à cultiver?

12. Quel est le prix du récipient?

La sélection ultime d'un récipient ou d'un mode de mise en récipient doit dépendre des besoins du programme de production des semis retenu et du produit final visé; par exemple, de grands récipients donnent de plus gros semis. Les principaux types de récipients actuellement employés dans les provinces des Prairies sont décrits au tableau 1 et illustrés à la figure 4.

Bibliographie choisie

Carlson, L.W. and F. Endean. 1976. The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research 5:221-224.

Endean, F. and L.W. Carlson. 1975. The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pipe seedlings. Canadian Journal of Forest Research 5:55-60.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

Waldron, R.M. (Ed.). 1972. Proceedings of a workshop on container planting in Canada. Environment Canada, Canadian Forestry Service, Directorate of Program Coordination. Information Report DPC-X-2. 168 pp.

MILIEUX DE CULTURE

Le choix du milieu de culture ou substrat pour les semis en récipient est de toute première importance. Le type de récipient employé, la facilité avec laquelle les alvéoles pourront être remplis de substrat ainsi que le choix de la source de substrat doivent être considérés. Ce dernier critère est important puisque c'est celui qui assure la continuité entre les essais de production. La porosité du milieu de culture doit permettre à l'eau et aux éléments nutritifs de filtrer suffisamment et permettre aux racines des semis de se développer, et sa compacité doit lui permettre de retenir une certaine partie de l'eau de filtration et des éléments nutritifs afin de résister à l'assèchement. Il est recommandé de procéder à une analyse chimique et physique du substrat avant de s'en servir.

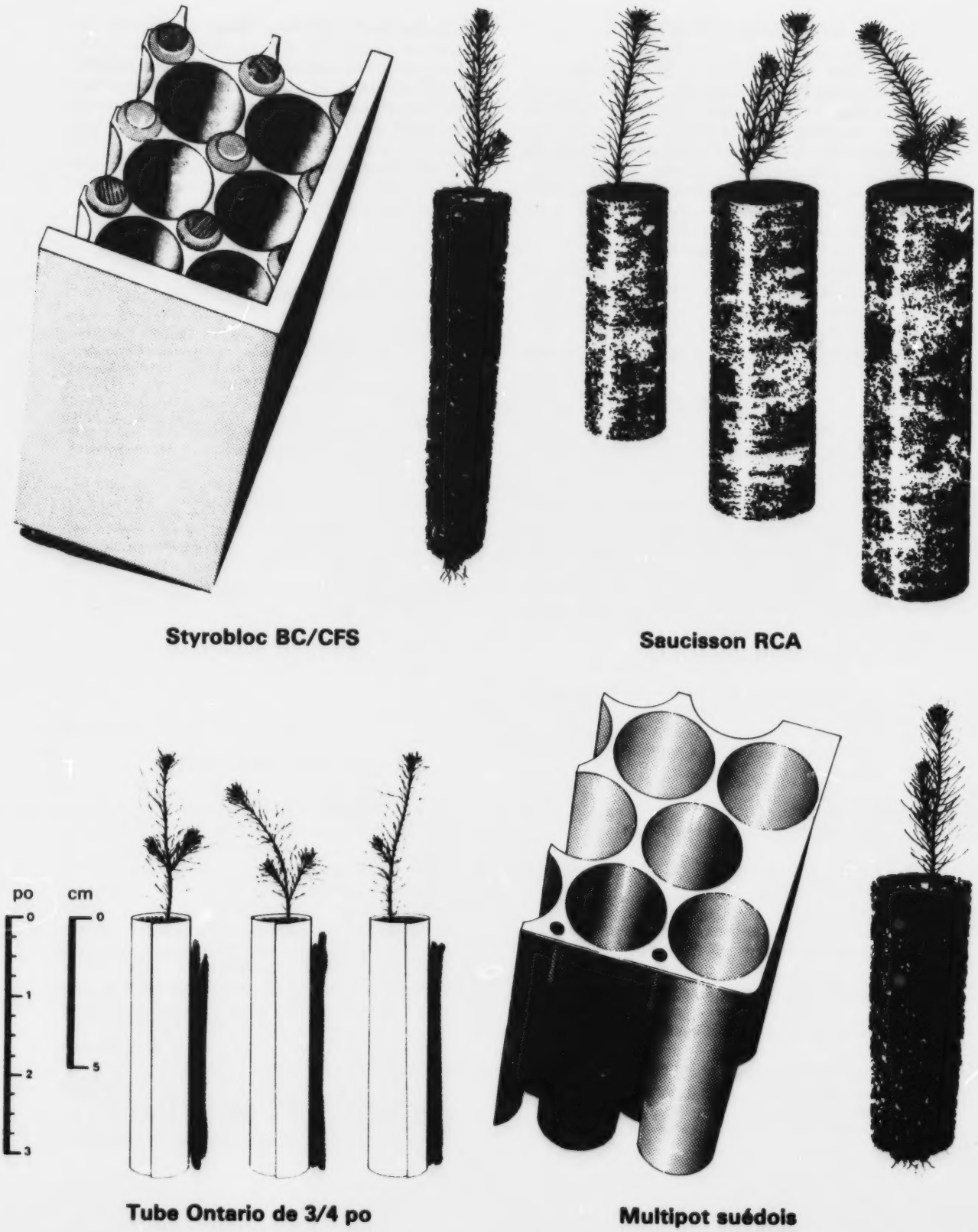
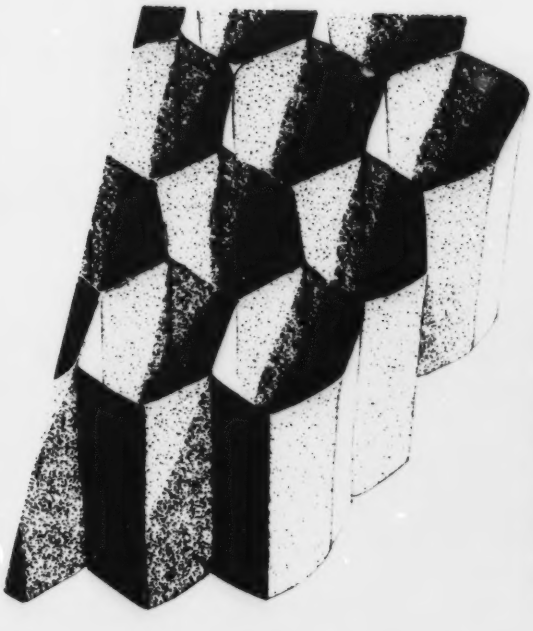
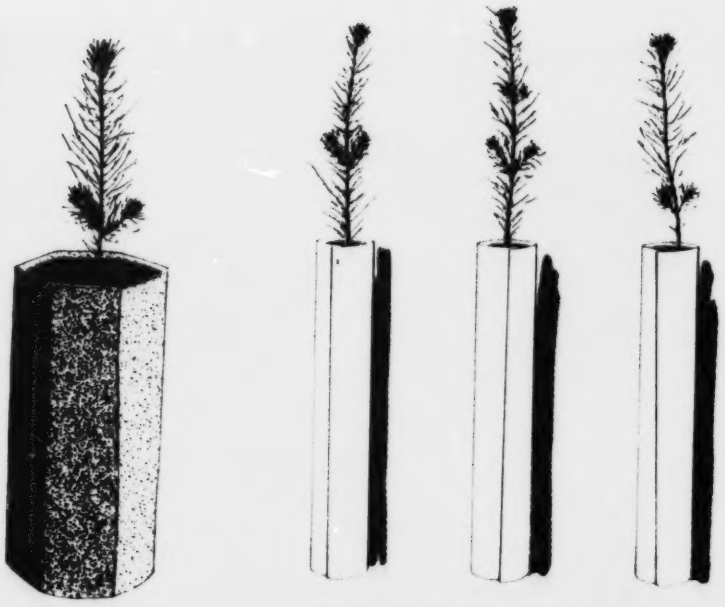


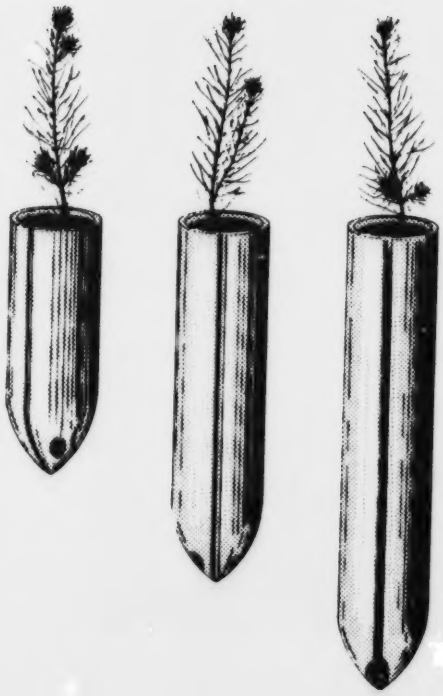
Figure 3. Récipients employés ou essayés au Canada entre 1966, époque où les récipients sont devenus opérationnels, et 1972 (selon Waldron, 1972). Certains récipients, comme le styrobloc BC/CFS, le pot en papier du Japon et le tuteur de racines Spencer-Lemaire, ont subi des modifications depuis.



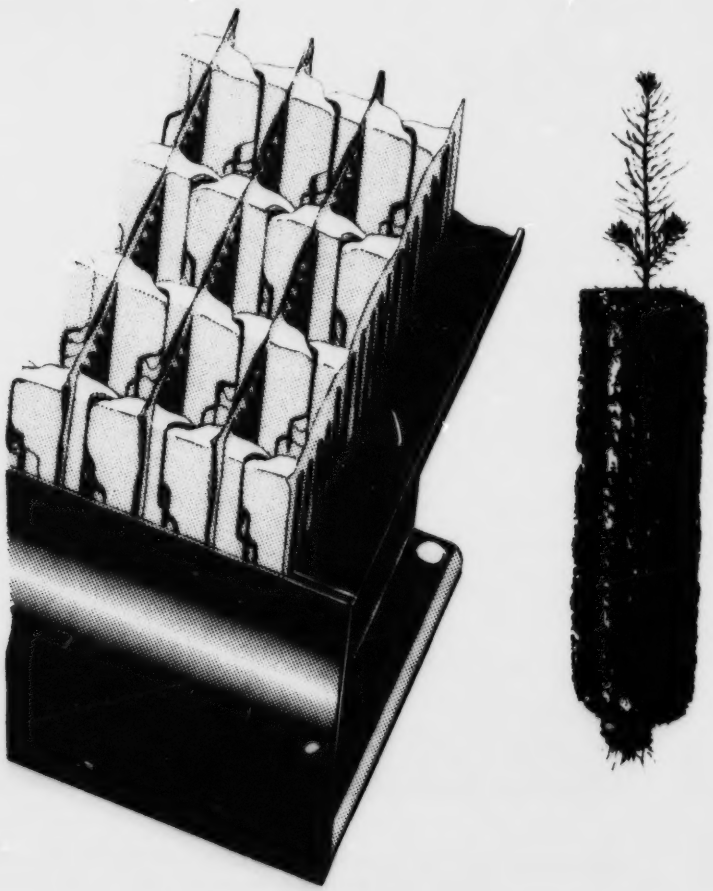
Pots en papier du Japon



Tube Ontario de 9/16 po



Cartouches de Walters



Tuteur de racines Spencer-Lemaire

Tableau 1. Principaux types de récipients actuellement employés dans les provinces des Prairies

Type de récipient	Dimension du bac (cm)	Alvéoles par bac	Volume de l'alvéole (cm^3)	Dimensions nominales de l'alvéole Longueur x largeur x hauteur (cm)	Récipients cylindriques Diamètre x hauteur (cm)
Spencer-Lemaire					
Ferdinand	22 x 37	102	40	1,9 x 1,9 x 10,1	
Five	22 x 37	70	55	2,5 x 2,5 x 10,1	
Hillson	22 x 37	32	150	3,8 x 3,8 x 12,7	
Tinus	29 x 47	40	500	5,1 x 3,8 x 18,4	
Super 45	29 x 47	27	700	6,3 x 5,1 x 22,8	
Styrobloc BC/CFS					
2	35 x 52	192	35		2,4 x 11
2A	35 x 60	240	35		2,4 x 11
4	35 x 60	160	60		4,9 x 12,5
8	35 x 52	80	115		3,8 x 15
20	35 x 60,5	45	330		5,9 x 15
Pot en papier du Japon					
308	32 x 94	532	44		3,0 x 7,6
315	32 x 94	532	88		3,0 x 15,2
408	35 x 94	336	70		3,8 x 7,6
415	35 x 94	336	140		3,8 x 15,2
508	37,5 x 90	420	121		5,1 x 7,6
515	27,5 x 90	420	242		5,1 x 15,2
608	39 x 181	280	175		6,1 x 7,6
615	39 x 181	280	350		6,1 x 15,2

Figure 4. Récipients actuellement employés dans les provinces des Prairies, et, en encart, un semis d'Épinette blanche de 20 semaines (échelle: 1 cm = 2 cm). Spencer-Lemaire (Ferdinand),

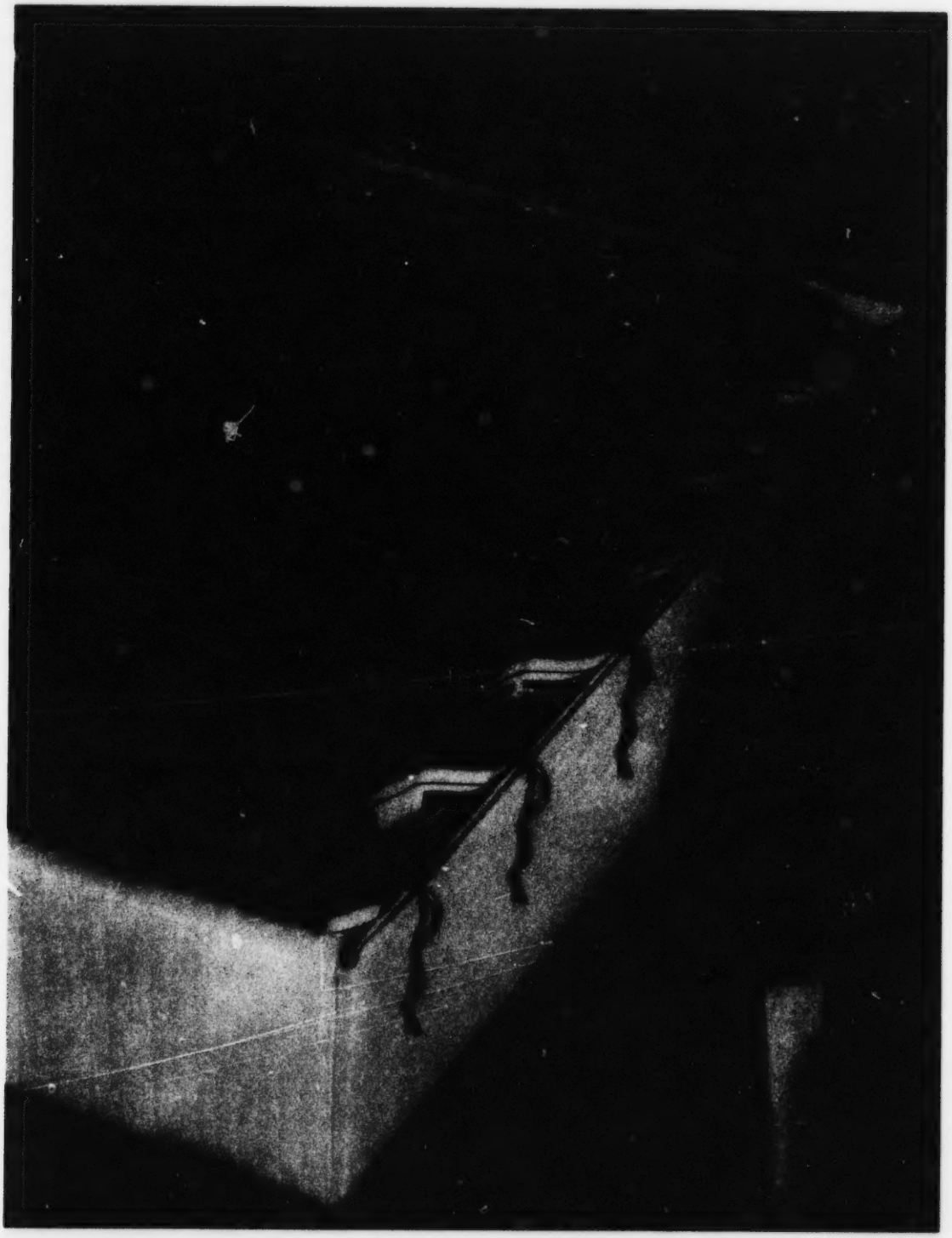


Figure 4. (suite) pot en papier du Japon n° 408

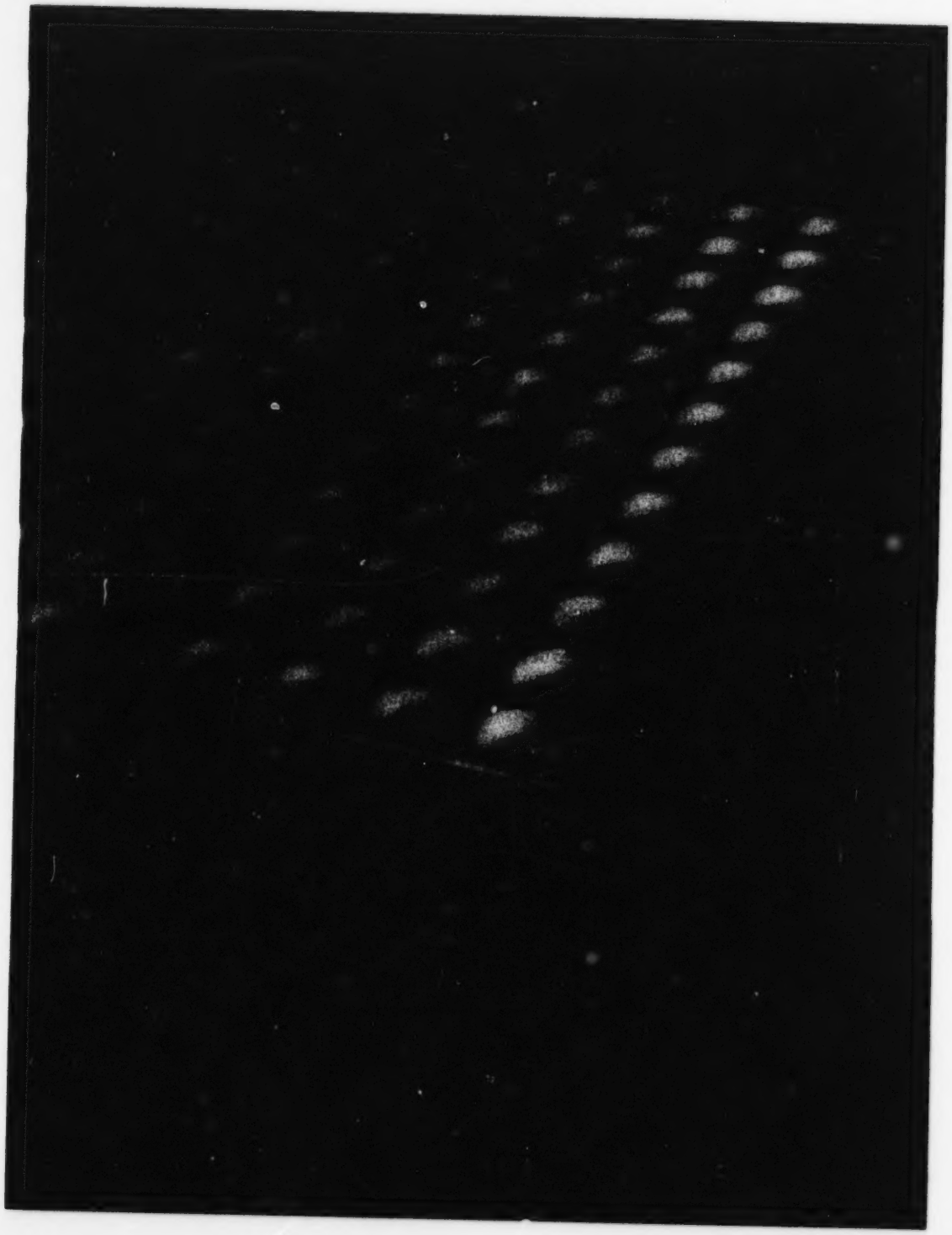


Figure 4. (fin) et styrobloc n° 2 BC/CFS.

Tourbe

Dans les provinces des Prairies, la tourbe de sphaigne est le substrat le plus employé et le plus généralement recommandé pour la culture des semis de conifères en récipient. Il peut être tassé dans les alvéoles, de manière à donner à la fois la porosité voulue et la capacité de rétention d'eau et des éléments nutritifs nécessaires. Le pH peut varier de 4,0 à 5,5. Toutefois, pendant son vieillissement dans les tourbières, la tourbe de sphaigne se décompose et devient humifiée. Ce phénomène réduit la porosité et accentue les problèmes de pH élevé et d'accumulation des éléments nutritifs un peu comme c'est le cas avec la tourbe de mousse. La tourbe de mousse n'est pas à recommander parce que sa fibre fine entraîne la compaction du milieu dans le récipient et parce que son pH élevé (environ 7,0 à 8,0) aggrave le problème de compaction lorsque des éléments nutritifs sont ajoutés. Lorsque le pH s'élève au-dessus de 6,0, les problèmes d'éléments nutritifs et de mauvaises herbes augmentent.

L'évaluation de cinq marques commerciales[1] de tourbe de sphaigne provenant des provinces des Prairies a révélé des différences dans la croissance des semis. Chacune des marques de tourbe doit par conséquent faire l'objet d'essais afin de déterminer le pH et le coefficient particules grossières/particules fines, puis être modifiée afin de satisfaire aux normes établies au tableau 2 avant de s'en servir. Il a aussi été noté que, même avec ces modifications, de légers changements dans le calendrier de culture étaient nécessaires pour chacune des marques afin d'obtenir la croissance optimale du Pin et de l'Épinette.

Tourbe et vermiculite

L'emploi d'un mélange de tourbe-vermiculite est aujourd'hui pratique courante dans les pépinières du Service forestier de la Colombie-Britannique, dans plusieurs pépinières industrielles de l'Alberta et dans de nombreux programmes de mise en récipients aux États-Unis. Le mélange mis au point par le Centre de recherche forestière du Pacifique à Victoria possède un coefficient de trois parties de tourbe par partie de vermiculite de qualité horticole. Ce produit a l'avantage, d'une part, de ne peser que la moitié du poids du mélange suggéré, soit le California "U.C." composé de sable et de tourbe, et, d'autre part, d'être plus facile à mélanger. Il possède une capacité de rétention d'eau supérieure à celle de la tourbe pure ou d'un mélange de tourbe et de sable. Toutefois, cette propriété n'est pas entièrement avantageuse, puisque le drainage peut être gêné et le lessivage complet des vieux éléments nutritifs ou l'élimination des produits fixés peuvent ainsi devenir difficiles. L'accumulation des éléments nutritifs et l'absence de drainage donnent lieu à des degrés de pH plus élevés ainsi qu'à une croissance réduite des semis.

Propriétés chimiques nécessaires à la tourbe

Pour maximiser la croissance des semis de conifères, le pH du substrat doit être maintenu aux environs de 5,0 à 5,5 et l'on ne doit jamais lui permettre de dépasser outre mesure le niveau qui précède. Celui-ci peut être atteint en exploitant une source de tourbe possédant le pH voulu ou en l'accroissant par l'addition de soufre. Le pH est maintenu par le contrôle du pH des solutions d'éléments nutritifs et des eaux d'arrosage. Ces méthodes seront mieux expliquées dans les chapitres sur la nutrition des semis (page 28) et l'arrosage (p. 34).

On ne sait pas grand-chose des autres propriétés chimiques particulières à la tourbe et nécessaires à la culture des semis de conifères en récipient; toutefois, les conditions chimiques maximales dans un substrat qui permettent d'obtenir une bonne croissance des semis sont les suivantes:

Propriétés chimiques	Intervalle nécessaire*
Concentration des ions d'hydrogène (pH)	4,5 à 5,5
Conductivité électrique (CE)	< 0,5 mS/cm
Capacité d'échange cationique (CEC)	85 à 160 méq/100 g
Sodium échangeable (SE)	< 10 %

*Voir l'annexe 1 pour la définition des unités.

Ces conditions doivent être vérifiées dans chaque quantité de tourbe avant de s'en servir.

[1] Marques essayées: Alberta Rose, Canada Brand, Emerald, Green Thumb et Sunshine.

Tableau 2. Propriétés physiques de la tourbe provenant des provinces des Prairies et normes acceptables de la qualité de la tourbe

Propriétés physiques	Source de la tourbe*				Normes acceptables
	1	2	3	4	
Poids saturés (g/L)	718	735	660	685	600-900
Poids anhydre (après saturation) (g/L)	58	94	64	73	< 100
Teneur en cendres (%)	4,3	9,0	8,0	9,1	< 10
Densité apparente (g/mL)	0,054	0,088	0,060	0,068	< 0,120
Poids spécifique (g/mL)	1,53	1,56	1,56	1,56	—
Volume des pores (%)	96	94	96	96	—
Capacité d'eau par volume (%)	62	60	56	57	> 50
Capacité d'air (%)	35	34	40	38	> 34
Coefficient particules grossières/particules fines	0,34	0,17	0,34	1,60	> 0,50

*Par ordre alphabétique, les marques essayées sont les suivantes: Alberta Rose, Emerald, Green Thumb et Sunshine.

Propriétés physiques exigées de la tourbe

Les propriétés physiques de la tourbe qui favorisent la croissance des semis de conifères en récipient n'ont pas encore été très bien définies. Toutefois, la connaissance de la qualité de la tourbe peut au moins aider à réduire la variabilité dans le programme de culture en récipient, puisqu'il existe des différences dans la qualité de la tourbe à l'intérieur de chaque tourbière suivant la profondeur à laquelle la tourbe est récoltée. Les propriétés physiques employées pour caractériser la tourbe sont les suivantes: 1) la teneur en cendres, 2) la densité apparente, 3) le poids spécifique, 4) le volume des pores, 5) la capacité d'eau, 6) la capacité d'air et 7) le coefficient particules grossières/particules fines. Ces déterminations peuvent être faites dans un petit laboratoire en faisant appel aux méthodes décrites à la section suivante; elles doivent être faites pour chaque quantité de tourbe qu'on veut utiliser. La gamme des caractéristiques physiques de la tourbe auxquelles on peut s'attendre dans les provinces des Prairies ainsi que les normes acceptables de la qualité de la tourbe sont indiquées au tableau 2.

Techniques de mesurage des propriétés physiques de la tourbe

A. Équipement et matériaux nécessaires

1. Une balance permettant de peser jusqu'à 2 000 g, avec une précision de ± 0,1 g.

2. Une étuve capable de chauffer jusqu'à 105°C. À défaut d'étuve, on peut aussi se servir d'une aire de séchoir à cônes pour sécher à l'air des échantillons de tourbe.

3. Un four à moufle capable de produire des températures situées entre 400 et 700°C. La réduction en cendre des échantillons peut aussi être faite dans des récipients de fortune sur un poêle à gaz pourvu qu'ils soient construits de manière à éliminer les courants de convection.

4. Cinq récipients cylindriques à fond perforé, d'une hauteur de 10 cm (±0,5 cm) et d'au moins 12 cm de diamètre. Il est nécessaire de

connaître le volume des récipients.

$$V = \frac{\pi HD^2}{4}$$

où: H = hauteur en cm
D = diamètre en cm
π = 3,14[1]

5. Un bassin plat possédant des trous latéraux de trop-plein, à ! cm du fond. Le bassin doit pouvoir contenir les cinq récipients côte à côte.

6. Un atomiseur suspendu assurant une couverture égale des cinq récipients.

B. Méthode

1. Un échantillon de 1 litre de la tourbe soumise à des essais est pesé, séché à l'air pendant 24 à 48 heures puis repesé. Une partie de la tourbe est incinérée à 400°C pendant 6 heures (ou 3 heures à 700°C), puis est repesée.

2. Une quantité approximative de 10 L de tourbe est prémouillée de manière à porter la teneur en humidité à 200 % du poids anhydre initial. C'est-à-dire que si le poids anhydre initial (matière séchée à l'air) de 1 L de tourbe est de 100 g, il faut porter le poids prémouillé total de 1 L de tourbe à 300 g. Les cinq récipients cylindriques doivent être remplis de tourbe non tassée et prémouillée. Il est important que la tourbe ne soit pas tassée. Les récipients sont ensuite placés dans le bassin plat, qui maintient automatiquement un niveau d'eau libre de 1 cm (figure 5). Le bassin et les récipients sont placés sous un dispositif d'atomisation pendant 24 heures. Les récipients sont ensuite recouverts pour empêcher l'évaporation et maintenus dans de l'eau libre pendant encore 48 heures. Après avoir été retirés du bassin et avoir été mis à égoutter pendant 2 heures, les récipients sont pesés et le poids à saturation de la tourbe est déterminé. Ensuite, la tourbe est retirée de chacun des récipients et mise à sécher pendant 24 à 48 heures, soit dans un four ou à l'air libre, après quoi le poids anhydre, après saturation, peut être déterminé.

3. Au moyen d'un tamis à mailles de 2 mm tamiser un échantillon de la tourbe séchée à l'air provenant de la quantité nécessaire et peser la quantité passée ainsi que la quantité retenue.

C. Calculs des normes de tourbe

À partir des mesures prises en B.1.:

1. Teneur en eau initiale de la tourbe (%) =

$$\frac{\text{poids initial (g)} - \text{poids anhydre initial (g)}}{\text{poids anhydre initial (g)}} \times 100$$

2. Teneur en cendres (%) =

$$\frac{\text{poids des cendres (g)}}{\text{poids anhydre initial (g)}} \times 100$$

À partir des mesures prises en B.2.:

3. Densité apparente (g/mL) =

$$\frac{\text{poids après saturation (g)}}{\text{volume de tourbe échantillonnée (mL)}}$$

---

[1] Pour les calculs de la densité apparente et du poids spécifique à venir, le volume de la tourbe doit être converti de centimètres cubes en millilitres: 1 cm^3 = 1 mL.

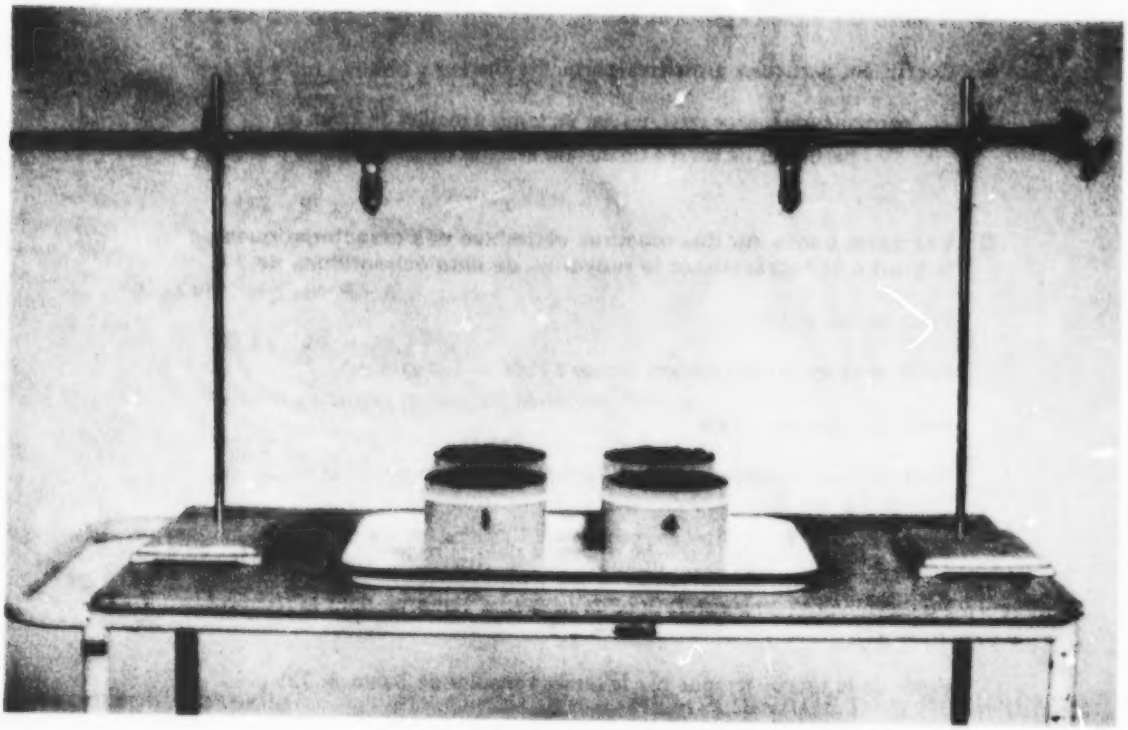


Figure 5. Dispositif d'atomisation et bassin de 1 cm de profondeur pour assurer une teneur en humidité normale de la tourbe avant l'échantillonnage visant à déterminer les propriétés physiques.

4. Poids spécifique (g/mL) =

$$\frac{4{,}05}{1{,}2(n) + 1{,}5}$$

où $n = \frac{\text{poids anhydre initial (g)} - \text{poids des cendres (g)}}{\text{poids anhydre initial (g)}}$

5. Volume des pores (%) =

$$\frac{\text{poids spécifique (g/mL)} - \text{densité apparente (g/mL)}}{\text{poids spécifique (g/mL)}} \times 100$$

6. Capacité d'eau par volume (%) =

$$\frac{\text{poids à saturation (g)} - \text{poids sec après saturation (g)}}{\text{poids (g) équivalent de l'eau comprise dans le récipient de l'échantillon}} \times 100$$

7. Capacité d'air (%) =

volume des pores (%) - capacité d'eau (%)

À partir des mesures prises en B.3.:

8. Coefficient particules grossières/particules fines =

$$\frac{\text{particules de tourbe retenues par un tamis à mailles de 2 mm (g)}}{\text{particules de tourbe traversant le tamis de 2 mm (g)}}$$

D. Exemples basés sur des mesures véritables des caractéristiques de la tourbe et représentant la moyenne de cinq échantillons de 1 L

Poids initial = 190 g

Poids anhydre initial (matière séchée à l'air = 100 g)

Poids des cendres = 4 g

Poids de l'eau ajoutée à la tourbe prémouillée pour porter la teneur en humidité à 200 % = 110 g

Poids à saturation de la tourbe comprise dans le récipient = 635 g/L

Poids anhydre (après saturation) de la tourbe comprise dans le récipient = 94 g/L

Poids de la tourbe retenue par le tamis à mailles de 2 mm = 225 g

Poids de la tourbe traversant le tamis à mailles de 2 mm = 275 g

Volume du récipient = 1 L ou 1 000 mL (noter que 1 mL d'eau pèse 1 g)

Les propriétés physiques de la tourbe déterminées par déduction sont les suivantes:

1. Teneur en eau initiale de la tourbe (%) =

$$\frac{190\text{ g} - 100\text{ g}}{100\text{ g}} \times 100 = 90$$

2. Teneur en cendres (%) =

$$\frac{4\text{ g}}{100\text{ g}} \times 100 = 4$$

3. Densité apparente (g/mL) =

$$\frac{94\text{ g}}{1\,000\text{ mL}} = 0{,}094$$

4. Poids spécifique (g/mL)

$$n = \frac{100\text{ g} - 4\text{ g}}{100\text{ g}} = 0{,}96$$

$$\text{P.S.} = \frac{4{,}05}{1{,}2(0{,}96) + 1{,}5} = 1{,}53$$

5. Volume des pores (%) =

$$\frac{1{,}53\ \text{g/mL} - 0{,}094\ \text{g/mL}}{1{,}53\ \text{g/mL}} \times 100 = 93{,}8$$

6. Capacité d'eau par volume (%) =

$$\frac{635\ \text{g} - 94\ \text{g}}{1\ 000\ \text{g}} \times 100 = 54{,}1$$

7. Capacité d'air (%) =

$$93{,}8 - 54{,}1 = 39{,}7$$

8. Coefficient particules grossières/particules fines =

$$\frac{225\ \text{g}}{275\ \text{g}} = 0{,}82$$

Suivant les critères établis au tableau 2, la tourbe échantillonnée peut être employée dans un programme de semis en récipient.

Bibliographie choisie

Baker, K.F. (Ed.). 1957. The U.C. system for producing healthy container-grown plants. California Agriculture Experiment Station. Manual 23. 332 pp.

Black, C.A. (Ed.). 1965. Methods of soil analysis. Part 1 and Part 2. American Society of Agronomy. Madison, Wisc.

Goodwin, O.C. 1975. Greenhouse container seedling production manual. North Carolina Department of Natural and Economic Resources, Forest Resources. Forestry Note No. 19. 23 pp. plus illus.

Horwitz, W. (Ed.). 1975. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12th Ed.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X-58. 57 pp.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

Waldron, R.M. (Ed.). 1972. Proceedings of a workshop on container planting in Canada. Environment Canada, Canadian Forestry Service, Directorate of Program Coordination. Information Report DPC-X-2. 168 pp.

REMPLISSAGE DES RÉCIPIENTS AVEC DE LA TOURBE

Il s'agit de la première opération du programme de culture en récipient et en même temps de l'une des étapes les plus importantes de tout le programme. Comme pour toute méthode de production en série, le contrôle de la qualité est extrêmement important; toute variation dans le remplissage se traduira par un manque d'uniformité du produit final.

Préparation de la tourbe

Avant d'utiliser de la tourbe, celle-ci doit être passée dans un tamis à trous d'environ 1 à 1,5 cm afin d'éliminer les brindilles et les grosses mottes de terre. Quand la teneur en eau est supérieure à 200 % la tourbe est difficile à tamiser. Presque toutes les tourbes commerciales sont séchées (naturellement ou par chauffage) et conservées dans des sacs de 113 à 170 dm^3. L'extraction de l'eau est importante puisqu'elle réduit les frais de transport. De toute manière, la tourbe renferme encore 150 à 200 % d'eau sur une base de poids anhydre. Le tamisage peut être pratiqué à la main ou au moyen d'une déchiqueteuse de sol. L'avantage de la déchiqueteuse tient à ce qu'aucun soin particulier n'est nécessaire pour enlever les

brindilles et les morceaux de bois, parce que ceux-ci sont réduits en particules utiles.

La tourbe doit alors être mouillée de manière à posséder une teneur en eau de 300 % par rapport à son poids anhydre. Cette saturation est habituellement déterminée en pressant la tourbe mouillée; lorsqu'on peut obtenir le niveau d'eau libre, on estime que la tourbe possède alors la teneur en humidité appropriée au remplissage des récipients. Si la teneur en humidité est trop basse, la tourbe est spongieuse et difficile à compacter dans les récipients; par la suite, lorsque de l'eau est ajoutée au cours du processus de culture, la tourbe se tasse considérablement, ce qui réduit le volume réel des récipients. Toutefois, si la tourbe est trop mouillée au cours du remplissage, elle a tendance à trop se compacter, ce qui entraîne éventuellement des problèmes d'égouttement. La teneur en humidité de la tourbe est aussi liée à la méthode de remplissage. Pour le remplissage à la main, la tourbe doit être relativement fraîche à humide, tandis que pour le remplissage mécanique, une tourbe un peu plus sèche est plus facile à manipuler. Seule l'expérience permet de déterminer la teneur en humidité idéale pour chacune de ces deux méthodes.

Lorsque la tourbe est très sèche, il lui arrive d'être difficile à imbiber d'eau. L'emploi d'un agent mouillant ou d'eau tiède permet d'obvier à cet inconvénient. Le mode d'emploi des agents mouillants du sol est habituellement indiqué sur leur emballage; à noter que chaque produit possède des propriétés mouillantes distinctes.

Méthodes de remplissage

Suivant le type d'opération pratiqué dans la pépinière, les récipients (alvéoles) peuvent être remplis à la main ou à la machine. La méthode la plus simple et la plus lente est évidemment la première. La tourbe est versée dans les alvéoles, les récipients sont secoués ou frappés jusqu'à ce que la tourbe s'y engage jusqu'au fond, puis la tourbe est compactée avec les doigts. L'opération est répétée plusieurs fois jusqu'à ce que les alvéoles soient remplis à environ 1 cm du bord et jusqu'à l'obtention du tassement voulu. Lorsque la tourbe est bien compactée, on applique une méthode d'essai qui fait appel à un piston très ajusté et chargé d'une masse de 300 à 400 g (sur une superficie supérieure à 6 cm^2); le piston doit être amené au point où il commence à comprimer la tourbe dans l'alvéole; une masse de 1 kg doit comprimer la tourbe d'au moins 5 mm mais sans dépasser 8 mm.

Il existe de nombreuses variations de remplissage mécanique des alvéoles. La plupart d'entre elles combinent le remplissage des alvéoles, l'ensemencement et le recouvrement à la manière des opérations d'une chaîne de montage. Les installations comprennent un dispositif d'alimentation des alvéoles en tourbe, une table vibrante pour faciliter un remplissage et une compaction complète, des brosses pour enlever l'excédent de tourbe, une méthode de distribution des graines ainsi qu'un dispositif de recouvrement. Les différents principes de fonctionnement de ce système de base ne varient que légèrement suivant les différents types de récipients employés. Une combinaison de l'une quelconque des phases mécaniques avec une phase manuelle peut aussi être pratiquée.

On peut obtenir le matériel de remplissage des récipients directement auprès des concepteurs de chacune des installations, ou encore avec un peu d'imagination et de savoir-faire technique, le pépiniériste peut fabriquer son propre matériel. Ceux qui ne font qu'entreprendre un programme de mise en récipient devraient visiter plusieurs installations en service pour y prendre des idées sur la manière d'aménager un système automatisé.

Bibliographie choisie

Tinus, R.W., W.I. Stein, et W.E. Balmer (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

ENSEMENCEMENT

Manipulation des graines

La santé et le soin des graines sont de la plus haute importante si l'on veut que l'opération de mise en récipient réussisse. Les graines doivent être recueillies à partir des mêmes lieux généraux où les semis doivent être repiqués; l'extraction doit être exécutée avec soin afin de ne pas endommager les graines; celles-ci doivent être nettoyées, triées et conservées; finalement, la qualité des graines doit être contrôlée fréquemment. Les méthodes de cueillette et d'extraction varient d'une province à l'autre et sont décrites de façon plus appropriée dans les divers guides préparés à l'intention des sylviculteurs et pépiniéristes.

Nettoyage et triage des graines

Il existe plusieurs façon de nettoyer et de trier les graines. L'une des plus répandues consiste à se servir d'une table gravimétrique après que les graines ont été passées dans un nettoyeur de graines à tamis vibrant (figure 6). La table gravi-

métrique vibre, ce qui permet aux graines les plus lourdes de se rendre à une extrémité de la table, tandis que les graines les plus légères (vides) ainsi que les débris restent à l'autre bout. Les graines sont triées en fonction de leur taille et de leur poids et sont recueillies à différents postes situés en bordure de la table (figure 7).

Une autre méthode consiste à se servir d'une colonne d'air (figure 8) pour séparer les débris et les graines de taille différente. La séparation à l'air est pratique puisqu'elle permet de manipuler de plus petits lots de graines que la table gravimétrique tout en étant plus rapide.

On a déjà avancé que seulement les 20 % des graines les plus lourdes devraient servir aux semis des récipients. Même si cette technique assure une faculté germative totale, elle ne permet pas toujours de résoudre le problème de la germination inégale. Il est recommandé d'employer des graines assez lourdes (fraction de 80 à 90 %), sans toutefois employer le 10 % le plus lourd, si l'on veut s'assurer d'une germination égale. Les autres graines (fractions de 0 à 80 et 90 à 100 %) peuvent être employées pour la production de plants à racines nues.

Stockage des graines

Les graines peuvent être stockées avant ou après leur triage suivant la distance entre les opérations de mise en récipient et la zone de production à racines nues d'une part et les installations des fractions de graines d'autre part. Toutefois, la conservation des graines triées suivant les regroupements par poids prescrit facilite la manipulation. Les températures de stockage varient suivant les différentes espèces; par exemple, le Pin se conserve bien entre -10 et -17°C, tandis que l'Épinette se conserve mieux entre 0 et -5°C. La teneur en humidité de la plupart des graines de conifères doit être maintenue entre 5 et 10 % durant le stockage.

Lorsque les travaux d'ensemencement sont en cours, seulement la quantité de graines qui peut être raisonnablement employée au cours d'une journée doit être retirée du stock, et toute graine inutilisée à la fin de la journée doit être récupérée. Pour cette raison, un réfrigérateur domestique doit faire partie du matériel du bâtiment abritant le collecteur.

Qualité des graines

La faculté germinative de la graine détermine la réussite ultime du programme de culture en récipient. Cette qualité peut être mesurée de plusieurs façons, la plus sûre consistant à faire germer un échantillon de graines du lot en question. Des essais de germination sont habituellement effectués sur au moins quatre répétitions de 100 graines chacune. Même si certaines méthodes normalisées sont données dans les manuels d'essai des graines, des essais de germination sommaire peuvent être pratiqués dans toute pièce possédant une exposition au nord. Les graines peuvent être placées dans un vase de Petri recouvert d'un papier filtre humide et laissé sur le bord de la fenêtre pendant une période pouvant aller jusqu'à 28 jours, durant laquelle le nombre de semis ayant germé est enregistré. La température de la pièce doit être approximativement de 20°C. De légères variations de la température n'altéreront pas l'essai.

Un autre type d'essai fait appel aux rayons X et à la pellicule Polaroïd. Les graines sont trempées dans des solutions d'un sel de métal lourd comme le chlorure de baryum. Le métal lourd pénètre dans les graines fissurées et mortes mais pas dans les tissus vivants; par conséquent, l'image des rayons X représentera les zones mortes sous forme de taches sombres, ce qui permettra de savoir plus facilement si les graines sont vivantes ou non. Même si cet essai est rapide, il ne nous apprend rien au sujet de la dormance de la graine.

La faculté germinative de chaque lot de graines doit être déterminée préalablement au stockage et, dans des limites raisonnables, juste avant l'ensemencement. Lorsque les lots sont stockés pendant une longue période, ils doivent être contrôlés tous les ans.

Traitements de préensemencement

Dans des conditions naturelles, les graines de conifères peuvent germer sur une période de 1 à 3 ans. Même si ce procédé assure une régénération naturelle, il n'est pas d'une grande utilité pour le pépiniériste qui a besoin d'une germination voisine de 100 % en un laps de temps très court. Une germination retardée ou nulle rend difficile le maintien de normes de production. Comme résultat final, on arrive à des frais supplémentaires en espace perdu ou en programmes d'éclaircie excessive.

Tous les traitements de préensemencement doivent accroître la faculté germinative et l'énergie. Dans le cas de certaines graines, la première étape consiste à rompre ou à amollir le tégument afin d'accélérer l'échange gazeux et l'absorption d'eau. D'autres graines peuvent nécessiter une stratification rigoureuse pour affecter la dormance. On ne sait pas encore très bien comment la stratification affecte la physiologie des graines; toutefois, l'accroissement qui en résulte dans la germination contribue à réduire les frais et à rehausser la qualité de la récolte.

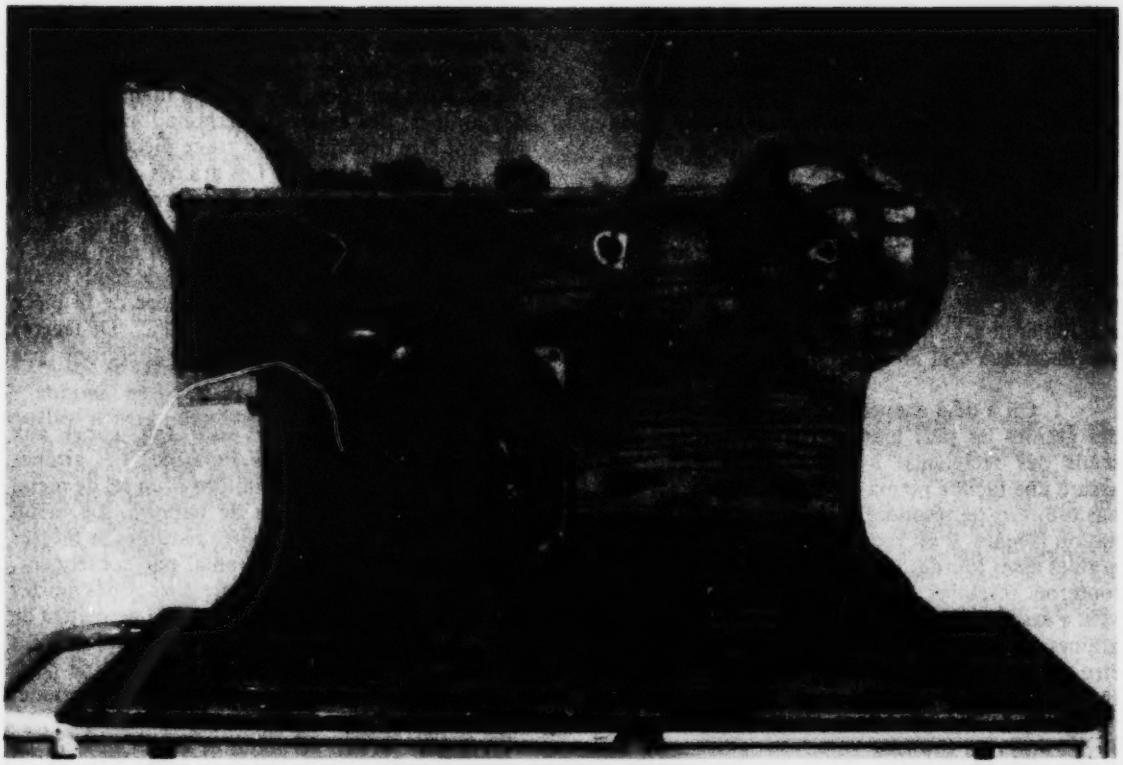


Figure 6. Nettoyeur de graines à tamis vibrant.

Figure 7. Table gravimétrique employée pour séparer les graines selon la taille et le poids.

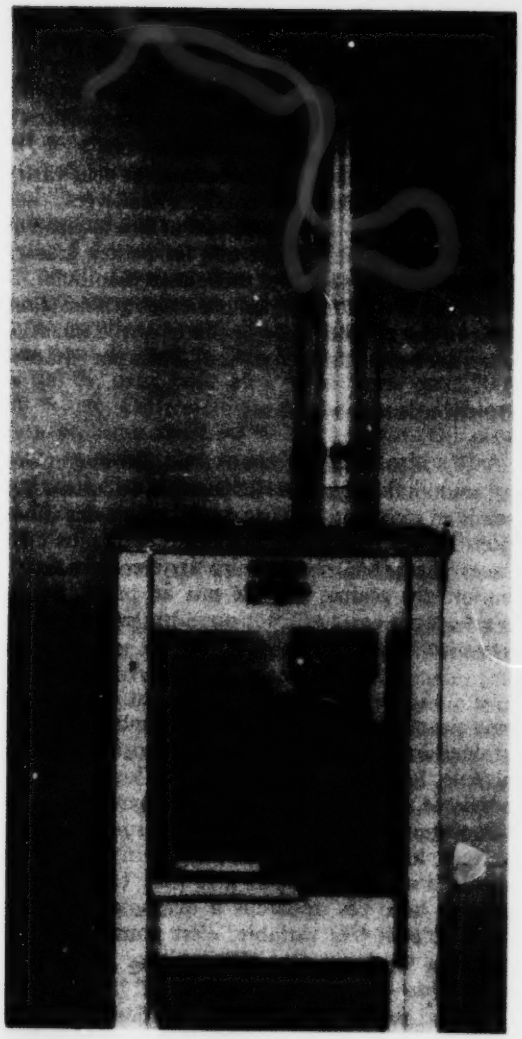


Figure 8. Nettoyeur et séparateurs de graines de type South Dakota.

D'autres traitements de préensemencement, comme celui qui consiste à se servir de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) pour désinfecter les graines ou d'un fongicide pour la lutte contre la Fonte des semis, peuvent être utilisés lorsque des problèmes de maladies sont susceptibles de réduire la germination et la vigueur des semis.

Stratification

La stratification est le stockage des graines dans un substrat humide de manière à maintenir une viabilité tout en surmontant la dormance (phase de repos). Les méthodes de stratification varient d'une espèce à l'autre et font parfois appel à de l'acide, à des moyens mécaniques, au trempage dans l'eau, au traitement à froid, au traitement à chaud ou à d'autres traitements chimiques. Les deux traitements les plus fréquents pour les conifères sont les traitements à froid et à chaud. Encore ici, la durée de traitement varie suivant les espèces et elle peut atteindre 4 mois.

Trois exigences sont fondamentales pour une bonne stratification à froid: 1) l'humidité doit être possible, 2) des températures voisines du point de congélation doivent être entretenues et 3) les graines doivent être suffisamment aérées. Ces conditions assurent une activité biochimique dans les graines et une contamination microbienne minimale. Un bon substrat de mousse de tourbe remplit très bien de telles exigences. Il existe plusieurs façons de séparer les graines de leur substrat au cours de la stratification, mais depuis quelque temps, les sacs en plastique se sont imposés. L'épaisseur du plastique ne doit pas être supérieure à 0,102 mm (4 mil) afin de permettre à l'oxygène de filtrer et d'assurer une bonne aération du substrat et des graines tout en limitant les pertes d'humidité.

La stratification à chaud est généralement employée en combinaison avec la stratification à froid. Dans certains cas, la période chaude aide l'embryon qui n'a pas encore atteint sa maturité à se développer. La température doit être constante et se situer quelque part entre 12 et 30°C. La durée du traitement peut atteindre 7 mois suivant les espèces.

Habituellement dans les provinces des Prairies, la stratification des graines d'Épinette blanche, de Pin gris et de Pin tordu latifolié n'est pas nécessaire. Toutefois, un traitement humide et à froid des graines d'épinette dans de la tourbe pendant 3 semaines et dans un réfrigérateur ordinaire réglé à 4,5°C devrait assurer une germination plus uniforme.

Lutte contre les maladies

Dans les pépinières de plants à racines nues, la Fonte des semis peut entraîner jusqu'à 80 % de mortalité si l'on n'intervient pas. Toutefois, dans un programme de culture des semis en récipient, cette maladie n'est pas vraiment un problème en raison de l'acidité du substrat employé et des pratiques sanitaires généralement bonnes qui sont exercées sur les lieux des installations de culture.

Le problème des champignons est cependant plus grave; ceux-ci prennent naissance sur les graines par suite d'une contamination survenue au cours de l'extraction des graines ou à la faveur de mauvaises conditions d'entreposage qui risquent

d'entraver la germination. Lorsque le pouvoir germinatif est faible, des contaminants universels comme *Penicillium* ou *Aspergillus* peuvent enrayer le développement des radicules. Il est donc nécessaire de nettoyer les graines avant de procéder à l'ensemencement pour assurer une germination maximale et l'établissement des semis.

Le produit de stérilisation du sol appelé Dazomet ainsi que certains fongicides comme le captane et le thirame viennent à bout de la Fonte des semis mais n'ont pas encore démontré qu'ils pouvaient empêcher les autres champignons contaminants de se développer. En outre, le captane et le thirame peuvent enrayer la germination ou nuire à la croissance. Le moyen le plus efficace de supprimer les champignons est le traitement au H_2O_2. Les graines à traiter sont placées dans un récipient approprié: un gobelet pour les petits lots ou un seau en plastique pour les plus grands. Une solution de H_2O_2 à 3 % est versée sur les graines jusqu'à ce qu'elles commencent à flotter. Elles sont laissées à tremper pendant 15 minutes, mais elles doivent être remuées fréquemment pour s'assurer que toutes les graines sont traitées également. Comme la température du mélange peut atteindre 65°C, celui-ci doit être manipulé avec précaution. Après le traitement, le reste du H_2O_2 est enlevé et les graines sont rincées avec de l'eau fraîche et propre du robinet, puis étalées à sécher pendant 1 à 2 heures avant usage.

Divers

Certaines graines de conifère sont de la même couleur que le substrat, ce qui les rend difficiles à apercevoir après l'ensemencement. Un traitement des graines avec de la poudre pour bébé (talc) les rendra plus visibles, ce qui facilitera l'identification des alvéoles oubliés et assurera un ensemencement à 100 %.

Préparation du substrat pour les semis

À la page 18, il a été question du remplissage soigné des alvéoles. Plusieurs autres étapes doivent être franchies avant d'entreprendre l'ensemencement. Premièrement, le substrat doit être saturé d'eau jusqu'après la germination, parce qu'il est difficile d'ajouter de l'eau au cours de cette période. Deuxièmement, une légère dépression doit être pratiquée dans le substrat pour diriger les graines vers le centre de l'alvéole au cours de l'ensemencement. La dépression peut être pratiquée avec les doigts ou on peut se servir d'air sous pression pour creuser le substrat en le soufflant par petites zones. Dans certains cas, la tourbe n'est remplie que jusqu'à 5 mm du bord et la partie libre des côtés de chaque alvéole empêche les graines de se déplacer d'un alvéole à l'autre.

Méthode d'ensemencement

La méthode d'ensemencement peut varier suivant les espèces de conifères cultivées. Les grosses graines (Pin rouge) peuvent être facilement semées à la main, tandis que les petites graines (Épinette noire) sont plus difficiles à manipuler. Il faut faire attention de bien placer les graines dans chacun des alvéoles et de ne placer que la quantité nécessaire pour assurer un seul semis par alvéole.

Distribution des graines

Même si l'automatisation des opérations est souhaitable dans une installation de culture des semis en récipient, il existe quand même des situations où les techniques manuelles sont plus efficaces. Et même si plusieurs systèmes de distribution des graines ont été mis au point, aucun n'est encore assez efficace pour être employé universellement.

L'ensemencement à la main se pratique tout simplement en recueillant le nombre voulu de graines entre les doigts et en les déposant dans un alvéole. La méthode est lente, mais lorsqu'elle est accélérée, elle perd en précision. Il existe de petits semoirs manuels qui renferment jusqu'à 30 g de graines, lesquelles sont libérées par un petit trou à raison d'une ou plusieurs à la fois. L'expérience acquise avec ces appareils a démontré que leur fiabilité était très variable; c'est pourquoi ils ne sont pas tellement plus efficaces que la méthode manuelle.

Un autre type de semoir retient les graines une à une en les aspirant au-dessus de petits trous situés dans un gabarit. Lorsque l'aspiration est relâchée, les graines tombent dans les alvéoles. Si plus d'une graine par alvéole est nécessaire, l'opération est tout simplement répétée. Un des inconvénients de ce semoir tient au fait que les trous peuvent s'obstruer par le brai provenant de la graine et laisser ainsi certaines alvéoles vides. Par conséquent, le gabarit doit être nettoyé fr[illegible]ment.

On peut encore construire un autre semoir en réunissant deux gabarits dont les trous sont décalés de telle sorte que la plaque supérieure soit chargée de graines puis déplacée pour s'aligner sur les trous de la plaque inférieure. Les graines tombent alors dans les alvéoles. La quantité de graines qui passent par le trou peut être réglée en ajustant la dimension des trous de chacun des gabarits.

Densité de l'ensemencement

La densité de l'ensemencement dépend directement de la qualité des graines. Lorsque la faculté germinative des graines est inférieure à 60 %, elles ne doivent pas être employées. Si une source spéciale de graines est nécessaire, mais qu'elle a une faible faculté germinative, ses graines donneront alors une plus grande quantité de semis utiles à des coûts raisonnables dans une pépinière de plants à racines nues. La règle générale consiste à déposer une graine par tranche de 10 % de faculté germinative inférieure à 100 %, c'est-à-dire une pour des graines dont la germination est de 90 à 100 %, deux pour 80 à 90 %, trois pour 70 à 80 %, etc. Cette méthode devrait assurer l'obtention de semis dans 90 % des alvéoles. On peut aussi employer plus de graines, mais cela n'aboutira qu'à maximiser l'éclaircie.

Traitement après ensemencement

Les graines sont recouvertes de granulats de granite et arrosées légèrement pour les amener en contact avec le substrat. Puis les caissettes (ou bacs) sont soit placées dans une serre pour leur germination et leur croissance immédiate, soit entreposées en attendant de disposer d'espace de culture. Dans l'un ou l'autre cas, les bacs sont recouverts d'une feuille en plastique de 4 mil pour empêcher la perte d'humidité provenant de la tourbe.

Enfouissement

Les graines sont recouvertes de granulat de granite n° 2 ou d'un produit équivalent permettant de les maintenir en place au cours de la germination. Ce procédé facilite aussi l'orientation de la radicule de germination. La quantité de granulat employée peut varier suivant les espèces, mais elle est habituellement suffisante pour couvrir les graines. On préfère le granulat ou le sable blanc (quartz) à tout autre matériau.

Le granulat doit être lavé ou tamisé avant usage, pour le débarrasser des fines particules de granite qui ne feraient que compacter la surface du substrat. Les sables naturels ne sont pas recommandés pour recouvrir les graines parce qu'ils peuvent affecter le pH du substrat. Les sables à pH élevé réduisent la germination et favorisent les champignons de la Fonte des semis. Le granulat ou matériau de recouvrement peut être distribué à la main ou au moyen d'un appareil spécial, semblable à un épandeur d'engrais. Le dispositif d'épandage ne peut toutefois recevoir qu'une seule taille de granulat; par conséquent, il faut faire attention de ne pas bloquer la machine avec de plus gros matériaux.

Feuilles en plastique

Le recouvrement des bacs au moyen de feuilles en plastique permet de conserver l'humidité comprise dans le substrat, particulièrement lorsqu'il n'existe aucun système d'arrosage par atomisation; ce procédé accroît aussi légèrement la température pendant la germination. Une fois que les bacs ont été placés sur des tablettes de serre et légèrement arrosés, ils sont recouverts de grandes feuilles en plastique clair de 4 mil. Les bords sont coincés sous les bacs afin de les empêcher de battre lorsque l'air climatisé fonctionne. La durée du recouvrement varie suivant les espèces, mais le plastique doit être enlevé au moment précis où la germination commence.

Bibliographie choisie

Dobbs, R.C., D.G.W. Edwards, J. Konishi, and D. Wallinger. 1976. Guideline to collecting cones of B.C. conifers. British Columbia Forest Service/Canadian Forestry Service Joint Report No. 3. 98 pp.

Goodwin, O.C. 1975. Greenhouse container seedling production manual. North Carolina Department of Natural and Economic Resources. Forest Resources. Forestry Note No. 19. 23 pp. plus illus.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X--58. 57 pp.

Saskatchewan Department of Tourism and Renewable Resources. (n.d.) Cone picker's guide. Extension Services Branch. Unnumbered brochure.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

U.S. Department of Agriculture. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agricultural Handbook 450. 883 pp.

GERMINATION

La première étape du processus de germination est l'absorption d'eau, ou imbibition. L'eau absorbée par la graine entre dans les cellules par osmose. Certaines graines peuvent imbiber jusqu'à 70 % de leur poids.

Malgré le gonflement possible de la graine par suite de l'absorption de l'eau, la première preuve réelle de germination est le déchirement de l'enveloppe de la graine et l'émergence de la radicule, ou de la pointe de la racine. Une fois la racine bien fixée dans le milieu, l'hypocotyle et les cotylédons s'exposent à l'air (figure 9).

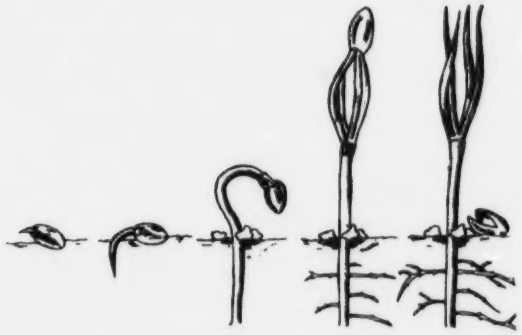


Figure 9. Germination et émergence d'un semis de Pin tordu latifolié.

Dans un essai de graines, le critère de germination est le suivant: la radicule doit être aussi longue que l'enveloppe de la graine. Cependant, pour la germination en serre, alors que les graines sont recouvertes de terre, on considère la germination achevée lorsque l'enveloppe de la graine qui contient les cotylédons s'est frayée un chemin dans la terre et est visible; en d'autres mots, lorsqu'il y a émergence.

Régulation de la germination

La régulation efficace de la germination n'exige pas nécessairement son accélération. Si la germination est trop rapide, elle peut être incomplète; dans ce cas il y aura moins de semis. En outre, la vitesse et l'efficacité de germination varient d'une espèce à l'autre; par exemple, l'Épinette blanche germe en 8 à 10 jours dans des conditions idéales, tandis que le Pin tordu latifolié peut germer en 5 à 7 jours seulement. Le principal but de la régulation de la germination des semis en récipient est l'obtention d'une récolte uniforme.

Toile en plastique

La toile en plastique, lorsqu'elle est étendue de la manière décrite dans le chapitre précédent, a deux rôles principaux: 1) le maintien d'une humidité élevée autour de la graine et 2) une légère élévation de la température près de la graine. Dans un certain sens, cela est comparable à l'utilisation d'une couche chaude pour commencer la croissance des choux et des plants de tomates. Une toile de plastique trop épaisse est difficile à manipuler, une toile trop mince peut se déchirer et n'être plus utilisable. Par conséquent, nous recommandons l'emploi de plastique transparent de 4 mil à l'intérieur d'une serre.

Température

La germination est considérée comme le prolongement de la croissance normale. Par conséquent, sauf en cas de dormance des semis, les températures favorables à la croissance sont en général favorables à la germination. Puisque le début de la germination est un processus physiologique (activité chimique), la partie supérieure de la gamme des températures appropriées à l'espèce entraînera une germination rapide. Lorsque les graines sont d'abord récoltées, elles ne réagissent qu'à une gamme étroite de températures. Cependant, après stockage, les exigences particulières relatives à la température tendent à disparaître. Cette réaction ne doit pas être confondue avec la dormance mais doit être considérée comme étant une "maturation". Les exigences relatives aux températures nocturne et diurne pour la germination des conifères d'une importance locale sont identiques (tableau 3).

Humidité

L'humidité relative dans la serre doit être maintenue entre 90 et 100 % pendant la germination. Cela appelle une vaporisation fréquente, lorsque les toiles en plastique ne sont pas utilisées, pour maintenir un taux d'humidité élevé autour de la graine.

Tableau 3. Temps de germination et températures préférées de certaines essences résineuses*

Espèces	Temps de germination (jours)	Températures (°C) Jour	Nuit
Pin gris	5-10	30	20
Pin tordu latifolié	7-10	30	20
Pin rouge	10	30	20
Épinette blanche	10-25	30	20
Épinette noire	10-19	30	20
Épinette du Colorado	10	30	20
Douglas taxifolié	10-17	30	20

*Les tableaux pour d'autres essences sont contenus dans *Seeds of woody plants in the United States*, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 450. 883 p.

Parce qu'une vaporisation fréquente refroidit l'air et la graine et peut par conséquent retarder la germination plutôt que la favoriser, l'utilisation d'une toile en plastique peut améliorer le rendement.

Lumière

On estime généralement que l'exposition à la lumière rouge des graines gonflées d'eau stimule la germination. Dans certains programmes de culture en récipient, les graines sont exposées à une photopériode de 18 heures à 1,6 klx de lumière incandescente pendant 5 jours avant d'être enfouies. La méthode convient en l'absence d'une stratification appropriée, mais elle n'améliore pas la germination des lots de graines qui ont déjà une faculté germinative élevée. On peut faire germer les graines sous éclairage faible ou nul, mais dans ce cas les semis s'étioleront et seront chlorotiques.

Utilisation de serres et de chambres de croissance

La germination a généralement lieu dans la serre où les semis ainsi produits sont cultivés. Cependant, des chambres de germination spéciales, programmées pour fournir une lumière, une humidité relative et une température appropriées, peuvent être utilisées pour les petits lots. Une fois que la germination contrôlée est terminée, les semis peuvent être placés dans une serre pour la culture. L'utilisation des chambres de croissance est en général considérée trop onéreuse pour les programmes importants.

Dans certaines circonstances, des lots de graines ayant une faculté germinative médiocre doivent être utilisés. Les graines peuvent être prégermées dans un cabinet de germination et seules celles qui ont bien germé sont transférées dans des alvéoles pour la culture en serre. Cette méthode permet d'utiliser des lots de graines ayant une faculté germinative de 20 % sans gaspiller d'alvéole libre. Bien sûr, la manipulation supplémentaire peut s'avérer onéreuse.

Bibliographie choisie

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X-58. 57 pp.

U.S. Department of Agriculture. 1961. Yearbook of Agriculture 1961. Seeds. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

U.S. Department of Agriculture. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook 450. 883 pp.

ÉCLAIRCIE ET REGARNIS

L'éclaircie et le regarnis s'avèrent nécessaires lorsque le rendement des graines est variable et qu'il y a un excès ou une absence de graines en germination dans les alvéoles. Les deux opérations demandent beaucoup de temps et ne peuvent être faites qu'à la main. Les semis sont réduits à un par alvéole pour tirer le maximum du volume du récipient et du régime nutritif. Des semis germés sont placés dans les alvéoles vides pour exploiter au maximum l'espace disponible.

Éclaircie

Le choix du moment propice à l'éclaircie est crucial. Cela doit être fait entre la deuxième et la troisième semaine après l'émergence du semis. À ce moment l'enveloppe de la graine est rejetée par les cotylédons, et les semis d'apparence plus vigoureuse présents dans chaque alvéole peuvent être reconnus et épargnés. L'éclaircie ne doit pas être retardée, parce que les semis s'ancrent rapide-

ment dans le substrat. Une fois ancrés, leur élimination perturbe les racines des semis adjacents, causant des traumatismes ou sapant leur vigueur.

L'éclaircie est une opération manuelle qui demande une aptitude à reconnaître les semis vigoureux et à utiliser de petites pinces ou de petits ciseaux. Les semis peuvent être extirpés du sol si les radicules sont peu développées mais ils doivent être coupés si les racines sont trop solidement ancrées. Certains semis déracinés peuvent être utilisés pour le remplissage; les autres sont rejetés.

Regarnis

Le regarnis ou remplissage des alvéoles vides avec des semis germés, est en général effectué en même temps que l'éclaircie. Il ne devrait être fait que pour porter le taux d'occupation des alvéoles d'un système germé avec succès à 90 à 100 %. Si plus de 40 % des alvéoles sont vides, ils doivent être réensemencés. Dans certains systèmes à récipients, les alvéoles ou groupes d'alvéoles contenant des semis vigoureux peuvent être rassemblés, et les vides réensemencés. Cependant, d'autres systèmes rassemblent en une seule unité un ensemble d'alvéoles, et le regarnis est la seule façon d'améliorer l'utilisation de l'espace disponible. Le pépiniériste doit décider s'il doit épargner, rejeter, réensemencer ou regarnir, en fonction de la valeur des plantes qu'il cultive.

Les semis utilisés pour le regarnis peuvent être obtenus pendant l'éclaircie ou cultivés exprès. Ces derniers sont préférables parce qu'ils peuvent être manipulés plus facilement. Les semis extraits de récipients éclaircis ont de longues radicules et sont en état de choc lorsqu'ils sont transplantés. Les semis germés à l'avance (dont la radicule est deux fois plus longue que l'enveloppe de la graine) peuvent être placés dans le récipient et recouverts. Même si les graines germées ont environ deux semaines de retard sur les autres semis, leur croissance ne sera pas aussi retardée que celle des semis obtenus par éclaircie.

CONDITIONS DANS LES SERRES

Les semis cultivés dans des récipients se développent rapidement à partir de la germination jusqu'au moment de leur déplacement de la serre à l'abri solaire à des fins d'endurcissement. Cela est dû principalement à la température, à la lumière et aux conditions d'humidité qui entourent le semis en pleine croissance. Les autres facteurs environnementaux contrôlés, comme la nutrition et l'arrosage, seront traités ailleurs.

Température

L'activité biologique et chimique augmente parallèlement à la température, jusqu'au point de croissance optimale du semis; après, l'augmentation de la température ralentit la croissance. Les limites des températures de croissance favorables varient d'une espèce à l'autre, mais pour des raisons pratiques nous ne discuterons que de l'effet des températures sur la croissance du Pin tordu latifolié, du Pin gris et de l'Épinette blanche.

Les températures optimales pour la croissance des Pins et de l'Épinette sont 25 et 22°C respectivement pendant la journée et 16°C la nuit. Les températures diurnes sont plus critiques pour l'Épinette blanche (20 à 25°C) que pour le Pin tordu latifolié (20 à 28°C). Parce que les gammes optimales se chevauchent, les deux essences peuvent être cultivées simultanément dans la même installation. Certaines autres essences, comme l'Épinette du Colorado, ont besoin d'une température légèrement supérieure la nuit (20°C) pour une croissance optimale, mais peuvent tout de même être cultivées avec succès avec le Pin tordu latifolié et l'Épinette blanche.

Une différence plus grande entre la température diurne et la température nocturne est nécessaire lorsque les semis doivent être endurcis. Des températures nocturnes plus basses stimulent la croissance des racines et ralentissent la croissance des cimes, rendant ces dernières plus résistantes au froid. L'endurcissement hivernal en serre exige une réduction progressive de la température presque au point de congélation, sur une période de 4 à 6 semaines.

La régulation des températures diurne et nocturne exige un thermostat double asservi à une minuterie. L'utilisation d'un système de chauffage à air pulsé est recommandé parce qu'il réagit plus rapidement aux besoins de chauffage et de refroidissement d'une serre.

Humidité

La régulation de l'humidité en serre est difficile dans les Prairies parce que l'atmosphère environnante est en général sèche, c'est-à-dire à

moins de 30 % d'humidité relative. L'humidité augmente rapidement pendant l'arrosage mais diminue presque aussi rapidement par la suite. L'humidité relative optimale pour les espèces cultivées dans les provinces des Prairies n'a pas été déterminée; la régulation de l'humidité est donc superflue.

Si l'humidité doit être augmentée pour freiner l'assèchement rapide de la tourbe des récipients, des humidificateurs, des gicleurs ou des refroidisseurs peuvent être utilisés. Il faut veiller à ne pas entretenir une humidité si élevée que des champignons, surtout la moisissure grise (*Botrytis*), se développent.

Les semis cultivés en récipient ont besoin d'une humidité faible pour éliminer l'émergence des racines en dessous des récipients. L'air sec empêche la croissance des racines entre les alvéoles et l'enchevêtrement des racines sous les bacs. Lorsque la pointe de la racine sort du bas de l'alvéole, elle sèche, et sa croissance est arrêtée. Dans la plupart des serres, les bancs sont construits de manière à permettre le mouvement de l'air sous les bacs. Les bacs peuvent être placés sur des traverses de bois ou sur des bancs faits de métal dilaté.

Lumière

L'effet de la lumière sur la croissance des semis est la résultante de plusieurs facteurs: la photopériode, l'intensité et la longueur d'onde. La photosynthèse et la dormance sont touchées par ces facteurs et par l'interaction de la lumière et de la température, de la teneur en bioxyde de carbone et de l'humidité. La lecture de manuels sur la physiologie des plantes permettra de mieux comprendre l'ampleur de ces interactions.

Photopériode

La croissance des semis de conifères cultivés dans des récipients dépend plus d'une photopériode appropriée que de tout autre facteur maîtrisable dans un environnement contrôlé. La dormance et le développement de la pousse sont directement reliés à la longueur de la journée. Si la photopériode n'est pas bien choisie, la croissance peut être arrêtée, et le semis peut retourner à un état de dormance profond qui rendra très difficile la reprise de la croissance. Les exigences au niveau de la photopériode varient non seulement d'une essence résineuse à l'autre mais aussi, pour la même essence, en fonction de la latitude de la source de la graine. Cependant, à toutes fins pratiques, la photopériode nécessaire pour la croissance des conifères doit être de 18 heures au minimum. Une telle période maintient une croissance continue pour les essences comme l'Épinette blanche et l'Épinette du Colorado, et une croissance intermittente pour les pins. Lorsque les semis doivent être endurcis, la longueur du jour doit être progressivement réduite à 12 à 14 heures. Cela est difficile au printemps, lorsque le processus d'endurcissement doit exploiter l'alternance des températures diurne et nocturne. Les épinettes semblent être plus sensibles à la photopériode que les pins. Dans certains cas, il a fallu toute une saison de croissance pour permettre à des épinettes cultivées en récipient de récupérer après avoir été accidentellement mises en état de dormance par une photopériode de 15 heures ou moins.

On peut régler la photopériode à l'aide de minuteries commandant le système d'éclairage. L'intensité lumineuse nécessaire pour le prolongement de la photopériode est d'environ 1,6 klx. Une innovation récente permet de prolonger la longueur de la journée: il s'agit de l'utilisation d'une lumière intermittente pendant la période sombre. Au lieu de maintenir des lumières constantes pendant 4 à 10 heures supplémentaires, on les allume pendant 2 minutes à toutes les 30 minutes; une illumination de 12 secondes à toutes les 6 minutes est aussi efficace. Ici encore, l'intensité lumineuse doit être d'environ 1,6 klx.

Intensité lumineuse

Le maintien d'une croissance accélérée exige une intensité lumineuse très supérieure à 1,6 klx. Une intensité élevée est nécessaire pour promouvoir la photosynthèse, ce qui active la croissance. Des intensités égales à 10 à 20 % de la lumière du soleil de midi sont considérées adéquates pour une activité photosynthétique maximale (point de saturation lumineuse). Le point de saturation lumineuse pour la plupart des conifères de l'Amérique du Nord se situe entre 20 et 34 klx, mais il peut varier avec l'âge de la plante. Les jeunes aiguilles peuvent être saturées à 15 klx, tandis que les vieilles aiguilles de la même essence ne deviennent saturées que lorsqu'elles sont exposées à 30 klx.

Une intensité lumineuse élevée et une photopériode appropriée facilitent la croissance des branches latérales chez les conifères. Cela est important lorsqu'il s'agit de cultiver des semis dans des récipients qui sont très près l'un de l'autre. L'ombre créée par les aiguilles supérieures diminue l'intensité lumineuse que reçoivent les ai-

guilles inférieures et peut limiter la croissance des branches latérales dans les essences comme l'Épinette. C'est ce qui explique que les semis cultivés en été, lorsque les intensités lumineuses sont très élevées, sont plus touffus.

Les intensités supérieures au point de saturation lumineuse peuvent freiner la croissance, blanchir les semis en éliminant la chlorophylle et, à l'extrême, les tuer. Cela se produit dans la nature aux altitudes élevées.

Le maintien d'intensités lumineuses élevées en serre coûte très cher en matériel d'éclairage et en énergie. Puisque les intensités aussi faibles que 7 à 14 klx peuvent produire un rendement photosynthétique de 75 %, l'utilisation de systèmes d'éclairage mobiles à haute intensité (par exemple les lampes au sodium haute pression capables de produire jusqu'à 15 klx) peut constituer une solution partielle à ce problème. La construction des serres à l'aide de matériaux à transmission lumineuse élevée (du verre) et l'orientation appropriée de la serre pour recevoir le maximum de lumière (l'axe du toit en est-ouest) sont deux autres éléments de la solution.

Qualité de la lumière

L'activité photosynthétique est plus importante aux longueurs d'onde de 620 et de 440 nm (lumière rouge et lumière bleue). Les nouvelles lampes à décharge haute intensité (soit à vapeur de sodium haute pression, soit aux haloïdes) produisent une lumière dont la composition favorise la photosynthèse. Les lampes fluorescentes classiques, quoiqu'elles soient riches en lumière rouge qui répond aux besoins de la photopériode, doivent être complétées par des lampes à incandescence qui fournissent le rouge lointain nécessaire pour la photosynthèse.

Bibliographie choisie

Bonner, J. and A.W. Galston. 1952. Principles of plant physiology. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 499 pp.

Furato, Tokuji. 1968. Nursery management handbook. University of California *and* U.S. Department of Agriculture Cooperative Publication.

Goodwin, O.C. 1975. Greenhouse container seedling production manual. North Carolina Department of Natural and Economic Resources, Forest Resources. Forestry Note No. 19. 23 pp plus illus.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X-58. 57 pp.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium. Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

NUTRITION DES SEMIS[1]

La nutrition des semis, c'est-à-dire la capture et l'utilisation des ions nutritifs essentiels pour la croissance, concerne généralement les minéraux qui sont extraits du sol (substrat). Cependant, plusieurs éléments nécessaires à la croissance sont principalement extraits de l'air et de l'eau: le carbone (C), du bioxyde de carbone (CO_2), et l'hydrogène (H) et l'oxygène (O), de l'eau (H_2O). La structure générale des plantes, ainsi que leur croissance, dépendent de l'accumulation et de l'utilisation de ces éléments combinés en hydrates de carbone (combinaisons de C, H et O). Ces composés chimiques emmagasinent et libèrent des quantités considérables d'énergie et, combinés à d'autres éléments du substrat, ils assurent la croissance de la plante.

Il ne sert à rien de régulariser l'approvisionnement en C, H et O, sauf dans les environnements contrôlés comme certaines chambres de croissance spéciales enrichies au CO_2, ou encore en pratiquant l'arrosage sur le terrain. Mais il est possible de contrôler directement les autres ions minéraux essentiels qui proviennent normalement du substrat. Ces minéraux se divisent en deux catégories: 1) les éléments majeurs, c'est-à-dire ceux qui sont utilisés en quantités importantes, et 2) les éléments mineurs, ceux qui sont utilisés en petites quantités ou en traces.

Les éléments majeurs sont l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le magnésium (Mg), le calcium (Ca) et le soufre (S). Les com-

[1]Chapitre rédigé par I. K. Edwards

posés azoteux, nécessaires en abondance, constituent 40 à 50 % de la matière sèche des cellules des plantes (protoplasme); ces cellules contiennent également des protéines, des acides aminés et de la chlorophylle. N est relié à une croissance rapide de la tige et à la couleur verte. P participe au transfert d'énergie dans tous les mécanismes de croissance de la plante. Il est très important comme tampon pour la régulation de l'acidité du protoplasme et le développement des racines et la germination. K, bien qu'on ne le trouve dans aucune partie de la structure d'une plante, est contenu dans la plante en quantités importantes. Il contribue à la formation de l'amidon et sert de catalyseur lors de la photosynthèse. Ses autres rôles ne sont pas clairement définis. Mg est essentiel pour la formation de la chlorophylle et fait partie intégrante des parois cellulaires, tout comme Ca. Enfin, S est utilisé par la plante dans la formation de composés organiques essentiels, de protéines et de vitamines.

Les éléments mineurs essentiels sont le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le bore (B), le molybdène (Mo) et le chlore (Cl). Tous ces éléments sont étroitement liés à l'activité enzymatique, soit comme catalyseurs, soit comme éléments constitutifs des enzymes. Les enzymes sont des aides essentielles à la croissance, puisqu'elles bâtissent des composés structuraux et en décomposent d'autres.

La disponibilité de minéraux pour la plante est conditionnée par nombre de facteurs. Deux facteurs importants sont la concentration des ions d'hydrogène (exprimée en niveau du pH) et la capacité d'échange cationique (CEC) du substrat. L'effet du pH sur la disponibilité des éléments nutritifs est montré dans la figure 10. La CEC définit la capacité du substrat de retenir les minéraux. Si une quantité importante de minéraux ne peut être retenue pendant un certain temps près des racines, il en sera absorbé moins. Plus la CEC est élevée, plus les minéraux seront disponibles pour les besoins des racines. Comme pour toute bonne chose, il y a un niveau de compromis. À mesure que la CEC monte, la structure du substrat s'affine, ce qui entraîne des problèmes tels que mauvais drainage et accumulation de sels.

Les facteurs extérieurs au substrat, notamment la température et la lumière, jouent également un rôle important dans l'assimilation des éléments nutritifs.

Programmes de fertilisation

Lors de la mise au point d'un programme de fertilisation, l'influence de facteurs externes comme la lumière et la température sur la croissance, les variations du cycle de croissance et des conditions dans la serre et dans l'abri solaire, ainsi que les différences entre les essences, doivent être prises en considération. L'idéal, c'est de trouver autant de combinaisons compatibles que possible pour alléger les travaux et réduire le coût des opérations de routine.

Pendant la germination, l'endosperme de la graine fournit assez de P et d'autres éléments essentiels; aucun apport extérieur n'est nécessaire. Le jeune semis utilise très peu d'éléments nutritifs, à part C, H et O, venant de l'extérieur de l'endosperme jusqu'à 10 à 14 jours après la germination. Entre les 4e et 16e semaines, le semis a besoin d'un approvisionnement constant de N, P et K, N et K devant constituer la portion la plus importante. Cette période est une période de croissance rapide qui peut être maintenue à l'aide d'une lumière et d'une température appropriées et d'un approvisionnement constant en N, P et K. Simultanément, des éléments mineurs sont nécessaires pour accélérer la croissance et le développement structural. Après 16 semaines, la croissance de la cime du semis peut être arrêtée à volonté en retirant N et en maintenant des niveaux élevés de P et de K. Cela permet aux racines de mieux se développer et au semis d'acquérir une certaine résistance à la sécheresse et au froid. La manipulation des éléments nutritifs doit être coordonnée à une réduction de la lumière (intensité et photopériode) et des températures. Si ces conditions sont contrôlées avec soin, la croissance peut être arrêtée complètement et les semis placés en état de dormance. Les diverses essences peuvent avoir des besoins différents à ce niveau. L'Épinette tend à utiliser moins de N que le Pin, et comme nous l'avons mentionné, elle est plus sensible à la photopériode.

Nos recommandations relatives à la fertilisation (pour une croissance optimale) des semis en récipient dans les provinces des Prairies sont données au tableau 4.

Application manuelle des fertilisants

La méthode d'application la plus simple

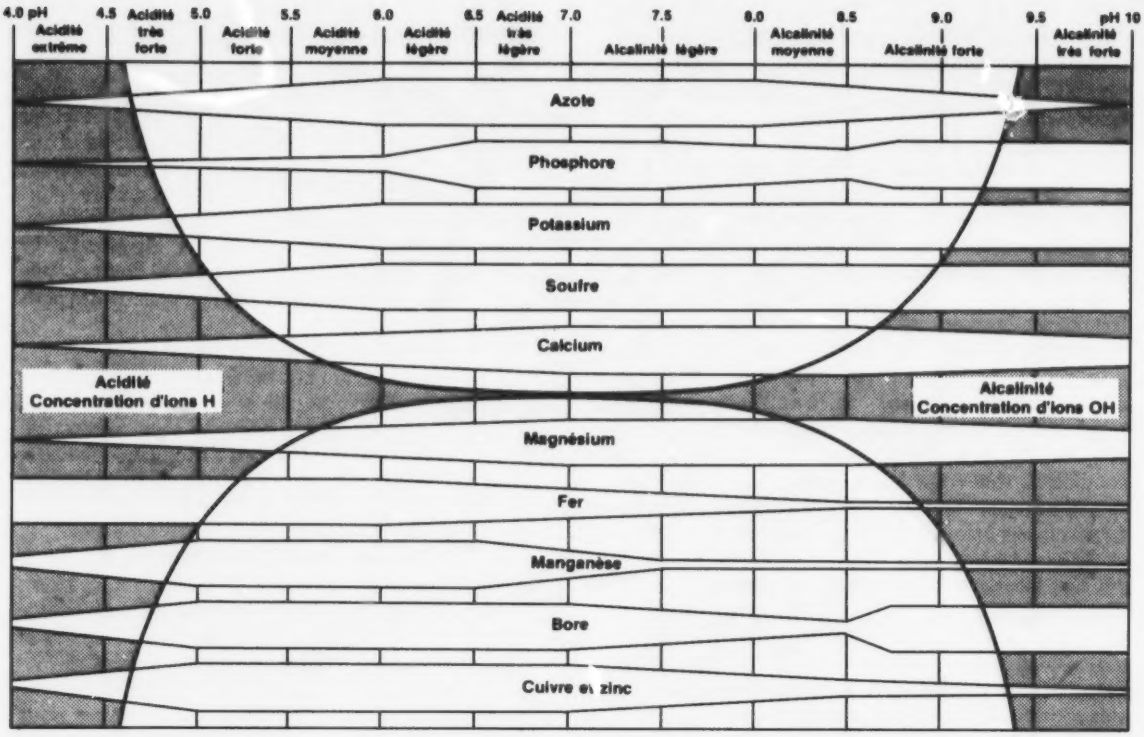


Figure 10. Effets de la concentration d'ions d'hydrogène (pH) sur la disponibilité des éléments nutritifs (selon Truog, 1961).

consiste à mélanger chaque lot de fertilisant nécessaire dans un arrosoir et le verser sur les semis. La méthode est commode s'il n'y a pas plus de 5 000 semis à nourrir. Cependant, même les programmes de culture modeste comportent 10 000 à 20 000 semis; dans ce cas, la méthode manuelle demande beaucoup de temps et pourtant la taille de l'exploitation ne justifie pas l'investissement nécessaire pour l'obtention d'un système automatique sophistiqué. Un nombre aussi important de semis peuvent être mieux fertilisés en utilisant un système d'arrosage manuel modifié, basé sur l'emploi d'une petite pompe montée sur un baril de 200 litres relié à une lance d'arrosage. La solution nutritive est mélangée dans le baril, le pH est ajusté à 6 par l'addition de H_2SO_4, et la solution est fournie aux semis. Cette méthode a été utilisée avec succès au Centre de recherche forestière du Nord et sur le terrain.

Un des problèmes qu'entraîne la méthode manuelle, c'est le manque d'uniformité, la variation étant produite par le changement d'opérateur. Des brûlures dues aux éléments nutritifs ou des déficiences nutritives ont été produites lorsque la personne appliquant le fertilisant a hésité ou fait trop vite. Dans toutes les exploitations, il faut veiller à ce que les méthodes soient strictement appliquées.

Application automatique des fertilisants

Lorsque l'exploitation produit autour de 200 000 semis, l'application manuelle des fertilisants devient une tâche ardue. Dans ce cas, l'attrait économique d'un système automatique dépend de la valeur attribuée au produit final; la décision revient à l'utilisateur, et non au pépiniériste. Cependant, la nature et l'efficacité du système automatique sont importantes pour la culture de semis conteneurisés vigoureux et utiles.

Un système automatique d'application de solutions nutritives devrait fournir la même quantité de solution à chaque alvéole pour assurer l'uniformité de la récolte. Par conséquent, il est

Tableau 4. Régimes nutritifs (solutions de nutrition)* recommandés pour la croissance optimale des semis de conifères cultivés en récipient dans les provinces des Prairies**

Espèces	Croissance initiale (28 à 35 jours) N-P-K (ppm)	Croissance rapide (42 à 112 jours) N-P-K (ppm)	Endurcissement (au-delà de 112 jours) N-P-K (ppm)
Pin gris et Pin tordu latifolié	229-29-154	229-29-154	44-101-150
Épinette blanche, Épinette noire et Épinette du Colorado	112-55-156	112-55-156	44-101-150
Mélange Pin-Épinette	125-60-159	125-60-159	44-101-150
Douglas taxifolié†	62-141-52	100-44-82	62-141-52

*Voir le chapitre sur la source des éléments nutritifs (page 32) pour retrouver les concentrations d'éléments mineurs dans les solutions fertilisantes. À noter que les concentrations des solutions mères varient légèrement de celles des solutions de nutrition.

**Les fertilisants doivent être appliqués à toutes les semaines pour le maximum d'efficacité. Ces régimes peuvent varier selon le temps de l'année; par exemple, le régime adapté à la croissance rapide doit être supprimé 6 semaines avant le moment auquel les semis seront dans l'état d'endurcissement ou de dormance final.

†Il faudra peut-être mélanger de la chaux dolomitique à la tourbe, mais la quantité variera en fonction de la teneur en fer de la source et de l'eau utilisée pour l'arrosage.

essentiel de choisir un système d'arrosage qui assure une couverture uniforme. Ce système devrait également être en mesure de fournir le volume de solution nutritive nécessaire pour lessiver le milieu de croissance.

Lessivage des éléments nutritifs

La croissance des semis en récipient et sur le terrain est fonction d'un bon drainage. Si le sol est saturé d'eau, les minéraux ne peuvent s'y déplacer et il est impossible de retirer les sels à potentiel toxique et les déchets organiques provenant des racines. Une tourbe appropriée, maintenue en état de saturation, permettra à ces produits de sortir de la zone des racines. Cependant, des applications fréquentes et légères de solutions nutritives n'expulsent pas les produits résiduels accumulés dans le milieu. À mesure que ces produits s'accumulent, le pH augmente, ce qui limite l'assimilation de sels nutritifs et augmente le stress que subit la plante.

Le problème peut être résolu 1) en utilisant seulement de la tourbe comme milieu de croissance et 2) en fertilisant une fois la semaine. Chaque semaine, les récipients doivent être littéralement lessivés des produits résiduels à l'aide d'un volume important de solution nutritive (1 litre pour 100 alvéoles de 40 cm^3). Si les déchets ne sont pas lessivés, les semis réagiront rapidement par une croissance médiocre des cimes et un ralentissement de la croissance des racines.

C'est une erreur de croire qu'un *volume important* de solution nutritive d'une concentration quelconque fournit plus d'éléments nutritifs aux semis. La tourbe ne peut absorber qu'une certaine quantité de solution; le reste la traverse sans s'y maintenir, ne laissant derrière que la concentration supplémentaire autour des racines. La seule manière d'augmenter la quantité d'éléments nutritifs, c'est d'augmenter la concentration de la solution nutritive.

Rinçage des aiguilles

Si la personne qui applique des fertilisants a une démarche hésitante, les aiguilles des semis peuvent être brûlées par certains fertilisants, surtout le 0-0-62. Il est d'usage de rincer les aiguilles immédiatement pour en éliminer la solution fertilisante à l'aide d'une lance d'arrosage ou d'eau propre appliquée au moyen d'un système automatique pendant environ 15 à 20 secondes.

Source des éléments nutritifs

Au cours des premières expériences sur la nutrition des semis cultivés en récipients, les produits chimiques provenaient de fournisseurs locaux de produits scientifiques. Nombre de ces produits étaient des sels de chlorures tels que $MgCl_2$, KCl et $FeCl_2$, de sorte que les solutions fertilisantes étaient riches en chlorures et que, sans un lessivage approprié, elles entraînaient de graves lésions dues au sel. En outre, le coût des produits chimiques du type réactif était prohibitif. On a donc utilisé des fertilisants de qualité commerciale, totalement solubles et libres de chlorure. Ceux-ci contiennent également des éléments mineurs dont voici les concentrations dans les solutions fertilisantes: Fe, 0,121-0,657 ppm; Mn, 0,008-0,276 ppm; Cu, 0,009-0,277 ppm; Zn, 0,006-0,274 ppm; B, 0,016-0,230 ppm et Mo, 0,002-0,007 ppm. Un supplément de Fe est fourni sous forme de chélate de fer (10 % de Fe). C, Mg et S peuvent être ajoutés au fertilisant, mais ils sont habituellement présents en quantité suffisante dans l'eau souterraine.

Certains régimes nécessitent un supplément de K et il faut veiller à utiliser la forme la plus pure de 0-0-62 (KCl), blanche, par opposition à la forme rose. Si l'on craint un excès de chlorure ou un manque de S, on peut utiliser le 0-0-50 (K_2SO_4) qui présente l'inconvénient d'être moins facile à dissoudre que le 0-0-62. Les carences en éléments mineurs peuvent être corrigées par l'utilisation de microéléments chélatés supplémentaires ou, le cas échéant, de chaux dolomitique. Ces additions ne devraient être faites qu'après consultation d'un spécialiste des sols.

Régimes nutritifs spécifiques

Solutions de nutrition

A. Fertilisant d'Épinette: 112-55-156 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe. Mélanger à l'eau du robinet.

Fertilisant commercial	g/50 L	g/10 gal
20-0-25	22	20
10-52-10	12,1	11
0-0-62	4,4	4
Chélate de fer (10 % de Fe)	2,7	2,5

B. Fertilisant de Pin: 229-29-154 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe. Mélanger à l'eau du robinet.

Fertilisant commercial	g/50 L	g/10 gal
28-14-14	23,9	21,7
20-0-25	23,9	21,7
Chélate de fer (10 % de Fe)	2,7	2,5

C. Fertilisant mixte Épinette et Pin: 125-60-159 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe. Mélanger à l'eau du robinet.

Fertilisant commercial	g/50 L	g/10 gal
20-0-25	24,7	22,5
10-52-10	13,2	12
0-0-62 (KCl)	3,3	3
ou		
0-0-50 (K_2SO_4)	4,1	3,7
Chélate de fer (10 % de Fe)	2,7	2,5

D. Fertilisant pour l'endurcissement: i) 45-99-165 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe ou ii) 44-101-156 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe. Utiliser de l'eau du robinet tiède (37-40°C).

Fertilisant commercial	g/50 L	g/10 gal
i) 9-45-15	25	22,7
0-0-62	10	9,1
Chélate de fer (10 % de Fe)	2,7	2,5
ii) 10-52-10	22	20
0-0-62	11,6	10,5
Chélate de fer (10 % de Fe)	2,7	2,5

Les solutions nutritives sont appliquées une fois la semaine au taux de 1 L par 100 alvéoles de 40 cm^3. Pour les autres essences résineuses, obtenir une prescription d'un pédologue ou d'un pépiniériste à l'un des laboratoires régionaux du Service canadien des forêts.

Solutions mères

La préparation des solutions nutritives A, B, C, et D ne pose pas de difficultés si les directives sont suivies à la lettre. Cependant, à cause des volumes dont ils ont besoin, les pépiniéristes trouvent plus simple de préparer des solutions mères concentrées et de les diluer, le plus souvent à raison d'une partie dans 200 d'eau du robinet, avant d'en nourrir les semis.

À la préparation, un précipité peut se former à cause d'ingrédients incompatibles, et, à la dilution, on n'obtient pas les concentrations nutritives prévues. Une fois par exemple, la solution fille A contenait 40 % de moins du phosphore nécessaire. L'analyse a montré que le phosphore perdu se trouvait dans le précipité.

Même si chaque fertilisant se dissout assez bien, sa combinaison à d'autres, particulièrement à de fortes concentrations (par exemple, 200 fois celle de la solution nutritive) peut donner lieu à une précipitation. Ceci est particulièrement vrai pour les solutions A (20-0-25 avec 10-52-10) et B (28-14-14 avec 20-0-25). Le phénomène s'est aussi produit dans la solution D (10-52-10 avec 0-0-62) quand on a utilisé de l'eau froide (15 à 17°C). Il faut l'éviter parce qu'il donne une solution fille de concentration inexacte et qu'il peut obstruer les orifices et les ajutages du système d'irrigation.

Les directives pour la préparation des solutions mères A, B, C, et D sont données ci-dessous. Les solutions sont 200 fois plus concentrées que la solution nutritive et doivent être diluées en conséquence avant d'être utilisées. La solubilité des fertilisants augmente dans l'eau chaude, notamment dans le cas de la solution mère D. Pour éviter la précipitation, utiliser des solutions mères fraîches.

A. Fertilisant pour Épinette titrant 112-31-156 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe après dilution de la solution mère 200 fois avec de l'eau du robinet.

Fertilisant commercial	g/L	g/gal
20-20-20	56	254,6
20-5-30	56	254,6
0-0-62	15,5	70,5
Chélate de fer (10 % de Fe)	11	50

B. Fertilisant pour Pin titrant 225-41-155 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe après dilution de la solution mère 200 fois avec de l'eau du robinet.

Fertilisant commercial	g/L	g/gal
28-14-14	107,1	486,9
20-5-30	75	341
Chélate de fer (10 % de Fe)	11	50

C. Fertilisant mixte pour Épinette et Pin, titrant 125-34-156 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe après dilution de la solution mère 200 fois avec de l'eau du robinet.

Fertilisant commercial	g/L	g/gal
20-20-20	62,5	284,1
20-5-30	62,5	284,1
0-0-62	10,1	45,9
Chélate de fer (10 % de Fe)	11	50

D. Solution mère d'endurcissement titrant: i) 45-99-165 ppm de N-P-K + 5,5 de Fe; ou ii) 44-101-156 ppm de N-P-K + 5,5 ppm de Fe après dilution 200 fois. Préparer avec de l'eau tiède (37 à 40°C).

Fertilisant commercial	g/L	g/gal
i) 9-45-15	100	454,6
0-0-62	40	181,8
Chélate de fer (10 % de Fe)	11	50
ou		
ii) 10-52-10	88	400
0-0-62	46,2	210
Chélate de fer (10 % de Fe)	11	50

Pour calculer le pourcentage de N-P-K dans les fertilisants commerciaux et la concentration de N-P-K en solution, procéder comme suit:

1. La composition inscrite sur l'emballage de fertilisant donne le pourcentage de N, de P_2O_5 et de K_2O. Ainsi, 28-14-14 signifie 28 % de N, 14 % de P_2O_5, et 14 % de K_2O. Pour calculer la teneur en P et en K, on procède ainsi:

   $P = P_2O_5 \times 0,44 = 14 \times 0,44 = 6,16\ \%$
   $K = K_2O \times 0,83 = 14 \times 0,83 = 11,62\ \%$

   Ainsi un engrais commercial 28-14-14 contient 28 % de N, 6,16 % de P et 11,62 % de K.

2. Pour trouver la concentration d'un fertilisant en solution:

   5 g de fertilisant/1 gallon d'eau
   = 5 000 mg/4,546 L = 1 100 mg/L
   ou 1 100 parties par million (ppm)

3. Pour déterminer la concentration respective de N, P et K, multiplier la concentration totale du fertilisant par le taux de chaque élément présent dans le fertilisant. Pour une concentration de 1 100 ppm d'un engrais commercial 28-14-14 on a:

   N = % de N × ppm de fertilisant
   = 0,28 × 1 100 = 308 ppm
   P = % de P × ppm de fertilisant
   = 0,0616 × 1 100 = 68 ppm
   K = % de K × ppm de fertilisant
   = 0,1162 × 1 100 = 128 ppm

Bibliographie choisie

Bonner, J. and A.W. Galston. 1952. Principles of plant physiology. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 499 pp.

Carlson, L.W. (Ed.). 1976. (Seedling production on the Prairies.) Environment Canada, Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre. Forestry Report Vol. 5, No. 4.

The LaMotte soil handbook. 1967. Research Department, LaMotte Chemical Products Co. Chestertown, Md.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Repeort BC-X-58. 57 pp.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

Truog, E. (Ed.). 1961. Mineral nutrition of plants. University of Wisconsin Press, Madison, Wisc.

ARROSAGE

L'eau et le substrat

L'eau constitue la majeure partie des plantes vivantes. Elle donne la turgescence aux cellules et transporte les éléments minéraux importants; en outre, les éléments qui la composent, H et O, jouent un rôle important dans le métabolisme des plantes. L'eau est fournie dans les systèmes à récipients par l'entremise du milieu de croissance (la tourbe), qui doit être capable d'en retenir suffisamment pour supporter la croissance de la plante entre les arrosages tout en étant assez poreux pour permettre le lessivage des sels accumulés. La disponibilité de l'eau est conditionnée par la salinité du milieu et les caractéristiques de l'eau.

L'eau peut être perdue par évapotranspiration (évaporation de la tourbe et transpiration des plantes). L'évaporation de l'eau de la tourbe constitue la plus importante perte d'eau pendant la germination et la croissance initiale des semis. Ce genre de perte est critique parce que la surface de la tourbe peut devenir hydrophobe (résistante à l'eau) à tel point que l'arrosage futur n'humidifiera pas suffisamment le milieu. Les dépôts de terre et une vaporisation plus fréquente à ce stade sont utiles pour entretenir l'humidité. Lorsque la surface des aiguilles du semis recouvre l'alvéole, l'évaporation est réduite et les pertes par transpiration augmentent. Puisque ces pertes visent l'eau absorbée par les racines, le milieu tend vers une dessiccation complète. Il est alors nécessaire d'utiliser des techniques d'arrosage qui renouvellent l'approvisionnement en eau. Le récipient agit comme barrière physique pour retenir l'eau en interdisant le drainage libre sur les côtés.

Une perte excessive d'eau est manifeste lorsque le semis flétrit. Malheureusement, pour bien des semis de conifères, un flétrissement visible indique l'approche de la mort.

Mesurage de l'humidité du substrat

Il y a des méthodes directes et indirectes pour mesurer la rétention de l'eau; il est souhaitable d'utiliser les méthodes directes et au moins de connaître les indirectes.

Les deux méthodes directes sont 1) l'utilisation d'un tensiomètre pour mesurer la succion

du substrat et 2) la pesée du substrat pour mesurer la perte ou le gain réel d'eau. Les tensiomètres adaptés à la mesure de la succion du substrat constituent un matériel standard dans les programmes d'arrosage à grande échelle et doivent être modifiés si l'on veut s'en servir dans un système à récipients. Puisque la perte d'eau entraîne une perte de poids, des balances peuvent être utilisées pour un ou plusieurs bacs de semis pour révéler la perte d'eau. L'élévation du plateau de la balance peut servir à déclencher un système d'arrosage. Ces systèmes peuvent être très simples (mécaniques) ou complexes (électroniques), ou la pesée peut être faite en soulevant tout simplement les bacs des diverses zones de la serre et en prenant note des besoins d'eau constatés. Le préposé acquerra rapidement une aptitude à sentir les différences de poids, et une participation aussi directe relève de la sollicitude bien "maternelle" nécessaire.

Les méthodes indirectes utilisent les mesures de l'énergie de la lumière et du vent comme indications de l'évapotranspiration possible du système. Une lecture élevée indique que l'arrosage est nécessaire.

Sources d'eau

L'eau utilisée pour l'arrosage des semis cultivés dans des récipients peut provenir d'une source d'eau souterraine locale, du ruissellement (réservoirs locaux) ou de sources superficielles comme les rivières et les lacs. L'eau diffère selon la source et la saison; par conséquent, la qualité de l'eau doit être contrôlée plusieurs fois par année. L'analyse de l'eau pour déterminer les caractéristiques influant sur la croissance des plantes est essentielle à une bonne gestion de l'arrosage. Le tableau 5 montre le type de détermination qui peut être fait par un laboratoire d'analyse de l'eau et en donne la signification.

L'approvisionnement en eau doit pouvoir fournir la quantité d'eau nécessaire pour l'ensemble de la saison de croissance. Si la source ne donne que 6 000 m^3 d'eau par année et que 10 000 m^3 sont nécessaires, il y aura évidemment des lacunes qui influeront sur la croissance des semis.

Modification de la qualité de l'eau

Il existe plusieurs méthodes pour modifier la qualité de l'eau servant à l'arrosage. La plus courante est l'acidification, qui est réalisée par l'addition d'acide phosphorique ou sulfurique. Cela est important pour la culture des semis de conifères, parce que ces derniers croissent mieux dans des conditions fortement ou légèrement acides (pH 5,0 à 5,5). Si la conductivité électrique (CE) de l'eau est élevée, l'acidification au H_2SO_4 est préférable parce que l'ion SO_4 peut être fourni plus économiquement que l'ion PO_4 de l'acide phosphorique.

L'eau doit être désionisée si la CE est élevée. Ce traitement est très onéreux et présente plusieurs inconvénients: il ne retire pas le B ou le sodium (Na), il enlève Ca^{++} et Mg^{++} qui, dans bien des régimes nutritifs, sont sensés être contenus dans l'eau du robinet, et il corrode les métaux, surtout le laiton utilisé dans la plupart des systèmes d'arrosage.

Il n'est pas question d'adoucir l'eau, parce que dans ce cas les ions nutritifs essentiels Ca^{++} et Mg^{++} sont remplacés par l'ion non essentiel Na^{+}, qui dégrade la structure du milieu au point qu'il se draine mal.

Fréquence et quantité de l'eau utilisée

Il n'y a pas de système infaillible pour avertir le pépiniériste qu'il est temps d'arroser. Les balances automatiques ne pèsent que quelques bacs de semis au maximum et, si elles sont mal disposées, entraînent un arrosage insuffisant dans certaines zones de la serre et un arrosage superflu dans d'autres. En fin de compte, il revient au serriste de savoir quand ses semis ont besoin d'eau. Il soulève les bacs, tâte le substrat, contrôle la température et, au besoin, arrache quelques mottes pour vérifier le niveau d'humidité dans l'alvéole. Heureusement, avec une bonne tourbe, les risques de surarrosage dans un cycle de croissance normale sont presque nuls. Cependant, un mélange de tourbe et de vermiculite, de tourbe et de terre ou encore une tourbe fortement humifiée ne se draine pas aussi efficacement qu'une bonne tourbe. Par conséquent, à moins qu'il ne fasse très chaud et sec, nous recommandons que les semis ne soient arrosés qu'une fois la semaine. L'humidité est alors fournie en alternance au cours de la semaine par le fertilisant. Nous n'avons jamais constaté, avec un tel programme, de mortalité due à la sécheresse dans la serre. Le pépiniériste doit veiller à ne pas laisser s'assécher le substrat jusqu'à l'absence totale d'eau, car la croissance sera interrompue et ne retournera probablement jamais à la normale.

Tableau 5. Principales analyses de l'eau et leur signification*

Analyses	Signification
Conductivité électrique (CE) pour mesurer la teneur en sel de l'eau (mS/cm)	inférieure à 0,75 - acceptable 0,75-3,0 - risque croissant d'hypersalinité 3,0 + - non satisfaisant
Bore (ppm)	inférieure à 0,5 - acceptable 0,5-2,0 - excessif pour les plantes sensibles 4,0 + - non satisfaisant
Calcium et magnésium (méq/L)	nécessaire pour comprendre l'ampleur des problèmes reliés à la salinité
Chlorures (méq/L)	contrôle de la toxicité
Ions de carbonate et de bicarbonate (méq/L)	en quantité excessive, les plantes risquent la chlorose
Nitrate d'azote (ppm de N)	peut jouer un rôle dans le programme de fertilisation à l'azote
Sodium (méq/L)	nécessaire pour déterminer le RAS
Rapport d'absorption du sodium (RAS)	$\frac{Na^{+}\ (meq/L)}{\sqrt{\left(\frac{Ca^{++}\ (méq/L) + Mg^{++}\ (méq/L)}{2}\right)}}$ RAS < 3 - acceptable 3-8 - marginal 8 + - inacceptable
Concentration d'ions d'hydrogène (pH)	pH > 8 ou < 3 - inacceptable

* Adapté du *Nursery management handbook* de l'Université de Californie (Furato, 1968), chapitre VIII, AXT-323.

La quantité d'eau utilisée n'est pas constante, parce que certains facteurs environnementaux influent sur l'évapotranspiration. Un contrôle constant des mottes de semis, en tenant compte des facteurs environnementaux locaux (par exemple les températures et le vent dans l'abri solaire), est nécessaire. Les pertes d'eau sont plus importantes à mesure que les semis vieillissent et développent plus d'aiguilles. Par conséquent, il est recommandé que l'eau et les solutions fertilisantes soient appliquées à saturation. Pour ce faire, on applique 1 L (environ 1 pinte) d'eau par 100 alvéoles de 40 cm^3 (1 L d'eau/4 000 cm^3 de substrat). Ainsi, une serre ayant 400 000 semis aura besoin d'environ 4 000 L d'eau par arrosage ou par application de solutions nutritives.

Systèmes d'arrosage

Le critère principal qui doit intervenir dans le choix et l'utilisation d'un système d'arrosage est l'uniformité d'arrosage pour chaque alvéole. Les systèmes qui n'offrent pas d'uniformité doivent être évités.

Opérations manuelles

Le litre d'eau recommandé peut être appliqué à chaque centaine d'alvéoles de 40 cm^3 exactement, en utilisant des barils d'arrosage contenant 8 L et en prenant soin de n'arroser que 800 semis. Cela est ridicule bien sûr, puisque nous avons mentionné que dans une bonne tourbe l'eau excédentaire traverse le milieu, n'entraînant aucun problème, et que le temps nécessaire pour ce type d'opération manuelle n'est pas justifié. Les opérations manuelles exigent beaucoup de jugement de la part du personnel responsable, mais la saturation doit être obtenue absolument.

Opérations automatisées

L'automatisation ou la semi-automatisation des systèmes d'arrosage peut être obtenue dans plusieurs types de systèmes. La partie automatique peut être contrôlée par des tensiomètres mesurant l'humidité du substrat ou par des balances spéciales, comme nous l'avons mentionné plus haut. Bien que ces dispositifs puissent être efficaces, la plupart des pépiniéristes préfèrent inspecter leurs semis sur une base régulière et programmer personnellement les systèmes automatiques dont ils disposent.

L'eau peut être fournie par des systèmes d'arrosage à tuyaux verticaux, par des canalisations aériennes fixes, par des rampes mobiles ou par une variation ou combinaison de ces systèmes. Chaque système a des applications spéciales. Dans les régions venteuses, la vaporisation par le haut, dans un complexe d'abris solaires, ne serait pas aussi efficace qu'un système à tuyaux verticaux. Les rampes mobiles sont excellentes pour les serres permanentes, mais moins commodes dans les abris solaires. Chaque situation doit être appréciée individuellement, et le système conçu selon les circonstances.

L'arrosage par le dessous, qui doit fournir la plus grande uniformité d'infiltration et de distribution de l'eau, n'est pas pratique. Il est en outre onéreux et ne résout pas les problèmes reliés à l'accumulation des sels.

Bibliographie choisie

Baker, K.F. (Ed.). 1957. The U.C. system for producing healthy container-grown plants. California Agriculture Experiment Station. Manual 23. 332 pp.

Furato, Tokuji. 1968. Nursery management handbook. University of California *and* U.S. Department of Agriculture Cooperative Publication.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

ENDURCISSEMENT

L'endurcissement des semis de conifères est un procédé par lequel les semis sont rendus tolérants aux conditions difficiles auxquelles ils auront à faire face après le repiquage. Cela diffère de la dormance, qui est une période de repos pendant laquelle les semis arrêtent de croître ou de se développer. Les conditions adverses probables sont le gel, la sécheresse et l'insolation. Le processus d'endurcissement doit promouvoir la tolérance sous ces conditions météorologiques et assurer une croissance rapide et une bonne réaction aux variations saisonnières. La tolérance au gel, bien qu'elle puisse protéger les semis tôt dans la saison, ne sera d'aucun secours si le semis entreprend une deuxième pousse et continue à croître vigoureusement en fin de saison. L'endurcissement doit être manipulé de telle sorte qu'il simule le mieux possi-

ble une période de croissance naturelle, pour obtenir les meilleurs résultats.

Dans la nature, le semis, après la germination, subit bien des situations d'endurcissement pendant les trois ou quatre années que dure sa croissance jusqu'à la taille qui est typique d'un semis de récipient. Il est très vulnérable au froid et à la sécheresse pendant la première année de croissance; en fait, il dépasse à peine la phase de la première aiguille. La régulation de l'endurcissement dans la nature est considérée en général comme synonyme de la dormance. Les nuits froides de la fin de l'été et les jours plus courts sont les principaux facteurs qui produisent la dormance dans la nature. Il y a également les interactions des éléments nutritifs du sol et de l'humidité, qui ne sont pas parfaitement compris.

Les programmes d'endurcissement artificiels tentent de reproduire les conditions naturelles qui, cependant, ne sont pas toujours infaillibles, comme en témoignent les arbres tués par les gels tardifs du printemps ou prématurés d'automne, et par la sécheresse.

Dans un programme d'endurcissement artificiel, l'environnement des semis est manipulé avant le repiquage à l'extérieur. Selon le moment de l'année, cela peut se produire dans un complexe d'abris solaires, dans une serre, ou dans une chambre spéciale dont l'environnement est très bien contrôlé. Les chapitres qui suivent aborderont les deux premières possibilités, parce que les chambres spéciales contrôlées ne sont pas utilisées, en général, dans les pépinières.

Endurcissement dans les abris solaires

Les semis de conifères en récipient sont cultivés en serre pour une période précise (42 à 84 jours) ou jusqu'à ce qu'ils aient atteint la taille voulue. Dans la serre, l'environnement est contrôlé avec soin pour maximiser la croissance et protéger les semis contre les changements quotidiens de température, d'humidité et de lumière. Parce que les semis sont fragiles et très vulnérables à ces changements, ils doivent être placés dans un endroit semi-protégé (l'abri solaire) pour prolonger leur croissance et pour les endurcir.

Comme son nom l'indique, l'abri solaire fournit assez d'ombre pour empêcher l'insolation et en même temps protège les semis contre la dessiccation provoquée par le vent. L'abri solaire n'offre en général aucune possibilité de contrôle des températures diurne et nocturne ou de la longueur de la journée. Cependant, l'humidité y est contrôlée à l'aide d'un système d'arrosage comparable à celui qui est utilisé en serre.

Les semis sont placés dans un abri solaire pour s'endurcir seulement une fois que les risques de gel sont minimes. Cela varie d'une région à l'autre. Dans les climats plus chauds comme dans le sud de l'Alberta, les semis peuvent être placés à l'extérieur à la fin avril, mais près d'Edmonton et de Winnipeg, ils devraient être placés à l'extérieur entre le 10 et le 15 mai au plus tôt.

Il faut aussi prendre garde de ne pas placer les semis dans l'abri trop tard. Les semis devraient avoir entre 28 et 42 jours pour s'endurcir avant le repiquage ou avant le début de la période d'hivernage. Cette dernière est difficile à prédire et varie selon la région dans les Prairies, tout comme le début de la période libre de gel. À Edmonton, les semis ne doivent pas être placés dans l'abri pour un endurcissement "naturel" avant le 10 mai ou après le 20 août. En pratique, le serriste peut se servir de la carte des zones de rusticité des plantes dans les provinces des Prairies (figure 11) et ajouter ou retrancher une semaine de chacune des dates mentionnées ci-dessus pour Edmonton, pour chaque zone. Edmonton est dans la zone 3; par conséquent, dans la zone 2, les semis peuvent être placés à l'extérieur en toute sécurité entre le 17 mai et le 13 août et dans la zone 1, entre le 24 mai et le 6 août.

Après que les semis et leurs récipients ont été placés dans l'abri, le régime nutritif est modifié pour promouvoir la croissance des racines et limiter la croissance des cimes. Cela exige une réduction de N et une augmentation de P et de K (voir page 32, prescription D). La fréquence de fertilisation peut également être réduite et portée à une fois toutes les deux semaines au lieu d'être hebdomadaire. L'arrosage se fait en fonction du besoin.

Il importe de faire en sorte que les semis laissés à l'extérieur pendant l'hiver soient recouverts de neige pour les isoler des grands froids. Dans les régions où la couverture de neige a de bonnes chances de fondre périodiquement pendant l'hiver, il faut recouvrir la première chute de neige persistante d'un matériau isolant comme de la paille, du carton ou une mousse en plastique. Ces couvertures artificielles doivent être enlevées au printemps 6 semaines avant la date à laquelle, en temps normal, les autres semis sont placés dans l'abri.

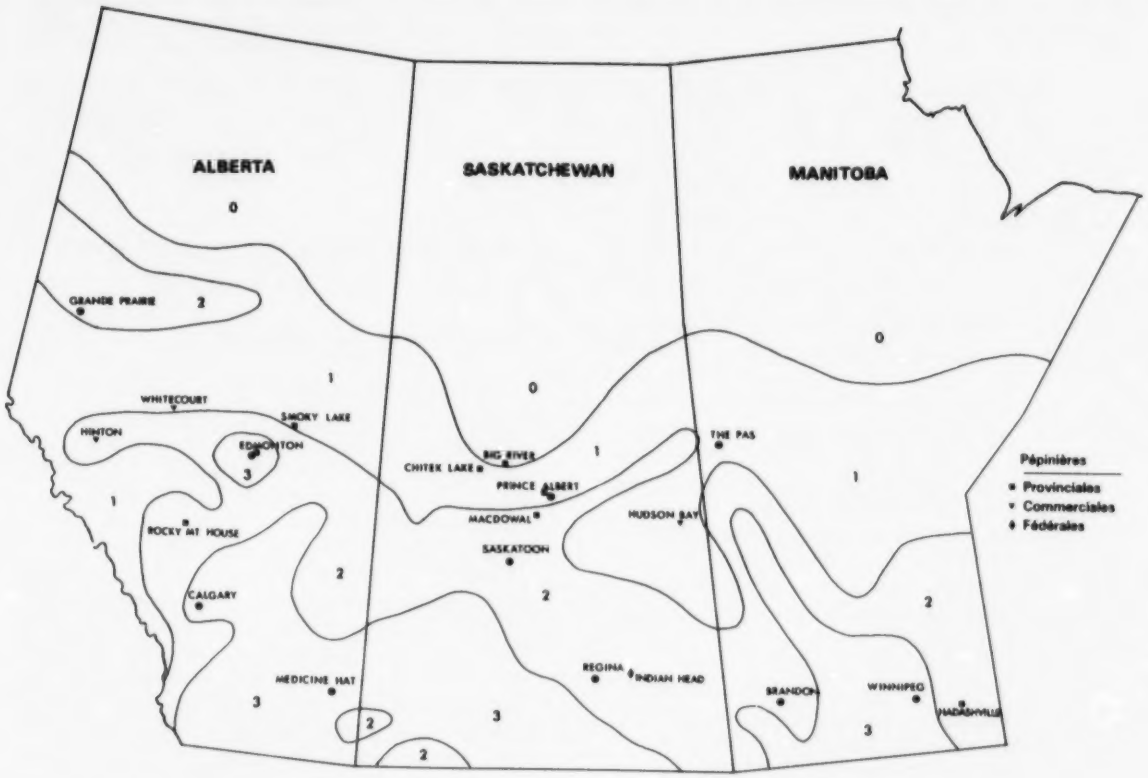


Figure 11. Zone de rusticité des plantes dans les provinces des Prairies (selon Ouellet et Sherk, 1967).

Endurcissement en serre (culture hivernale)

La culture en serre des semis de conifères à la fin de l'automne et au début de l'hiver est attrayante parce qu'elle offre au pépiniériste une récolte annuelle supplémentaire et lui permet en outre d'utiliser son installation à l'année longue. Malheureusement, les techniques de culture hivernale, comme la protection des semis contre les grands froids, n'ont pas été perfectionnées. Certains pépiniéristes utilisent des caves pour le stockage des semis, mais très peu d'entre eux placent réellement les semis à l'extérieur en janvier. Cela ne veut pas dire que la chose soit impossible, mais chaque exploitant devra mettre au point son système propre. L'utilisation de caves ou d'un stockage sous température contrôlée et la mise à l'extérieur des semis pendant les jours plus chauds de l'hiver, ainsi que la couverture des semis à l'aide de la neige comme pour le stockage d'automne (page 38), sont deux suggestions valables.

Avant de soumettre les semis au stockage en cave ou à l'extérieur, ils doivent être préconditionnés pendant 6 semaines dans la serre. La température doit être progressivement réduite pendant cette période pour passer à 2 à 5°C. La longueur du jour doit également être réduite à 12 heures environ pour provoquer la dormance, surtout dans le cas de l'Épinette. S'il n'y a pas de rideaux ou de jalousies pour réduire la photopériode, l'Épinette ne doit pas être cultivée en serre après le 1er janvier, parce que dans des températures relativement chaudes et lorsque les jours s'allongent, cette essence ne bourgeonne pas adéquatement. Pendant la période d'endurcissement, le régime d'arrosage et d'alimentation des semis doit être maintenu au même niveau que le régime adapté à l'endurcissement en abri solaire.

Malgré l'avantage apparent d'une récolte annuelle supplémentaire, le pépiniériste doit peser le pour et le contre des coûts énergétiques nécessaires pour produire la deuxième récolte et des risques pris lorsque les techniques ne sont pas éprouvées. Il peut s'avérer plus sage et moins onéreux de construire des installations supplémentaires et de les fermer en hiver plutôt que d'utiliser une énergie supplémentaire pour la culture hivernale.

Indices visuels de l'endurcissement des semis

À l'heure actuelle, il n'est pas possible de déterminer avec précision le degré d'endurcissement d'un semis et, partant, d'acquérir la certitude de son aptitude à survivre et à se développer après le repiquage. L'évaluation du degré d'endurcissement est dans une grande mesure, partie intégrante de l'*art* de cultiver des semis en récipient. Heureusement, certaines essences donnent des indices visuels permettant d'évaluer leur état physiologique. Certains semis changent de couleur lorsqu'ils sont en état de dormance. Le Pin gris et le Pin tordu latifolié deviennent vert foncé à pourpre et, dans des conditions normales, produisent un bourgeon terminal de grande taille. l'Épinette ne change pas de couleur, mais elle produit normalement un bourgeon terminal. Elle peut être en état de dormance sans bourgeonner, mais l'interruption de cette dormance exige normalement une année complète dans l'abri solaire. Le Pin, parfois, ne bourgeonne pas mais se met à croître facilement lorsqu'il est placé dans des conditions chaudes et humides.

La mise au point d'un matériel électronique pour la détermination de la dormance ou de l'endurcissement avance rapidement. Ce matériel comprend des appareils pour la mesure de la pression de l'eau (méthode de la bombe Scholander), des oscilloscopes et autres dispositifs mesurant les résistances. Une fois perfectionnées, ces méthodes permettront aux pépiniéristes de déterminer avec précision le degré d'endurcissement atteint.

Bibliographie choisie

Cheung, Kin-Wah. 1973. Induction of dormancy in container-grown western hemlock (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg). British Columbia Forest Service Research Notes. No. 59. 5 pp.

Ouellet, C.E. and L.C. Sherk. 1967. Map of plant hardiness zones in Canada. Canada Department of Agriculture. Catalogue No. A52-3867.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X-58. 57 pp.

Sherk, L.C. and A.R. Buckley. 1968. Ornamental shrubs for Canada. Canada Department of Agriculture, Research Branch. Publication 1286. 187 pp.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer, (Eds.). 1974 Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium. Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

CALENDRIERS DE CULTURE ET TENUE DES FICHES

Calendriers de culture

Il y a bien des façons de combiner les techniques mentionnées plus haut pour composer des calendriers de culture rapides et utiles. Les tableaux 6 à 8 fournissent des calendriers de culture types pour l'Épinette blanche, le Pin gris et le Pin tordu dans trois des zones de rusticité des plantes situées dans les provinces des Prairies. Il s'agit de calendriers adaptés à des exploitations en serre qui font usage de récipients ayant des volumes de 35 à 88 cm^3; ils doivent être modifiés, notamment en ce qui concerne le prolongement du stade de croissance des vrais aiguilles, si le système utilise des contenants d'un volume plus important. *Pour chaque augmentation de 100 cm^3 du volume de l'alvéole, le stade de croissance des vraies aiguilles doit être prolongé de 14 jours.* Il devrait être possible pour le pépiniériste expérimenté d'extrapoler à partir des principes de base et des renseignements précis fournis sur ces trois essences et de déterminer les calendriers de culture nécessaires pour produire dans des récipients des semis d'autres essences résineuses.

Archives de culture de la pépinière

La qualité du produit final d'un système quelconque est jugée sur la base de son respect des critères fixés au début de l'entreprise. La clé, c'est de mesurer le produit pour assurer qu'il maintienne une qualité constante et pour corriger toute lacune le cas échéant. C'est pourquoi il faut mener avec soin un programme de contrôle de la qualité.

Le contrôle de la qualité des semis cultivés dans des récipients est basé sur le maintien de

Tableau 6. Calendrier de culture pour l'Épinette blanche, le Pin gris et le Pin tordu dans la zone de rusticité n° 1 (figure 11), à 2 récoltes par année

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
RÉCOLTE N° 1			
14 février	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène
15 février	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 18 h/j
23 février	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin, le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à (± 2°C): Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 23 février au 8 mars	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 8 au 15 mars	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin
Du 15 mars au 24 mai	28-98	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation aide avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin, fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin
Du 24 mai au 5 juillet	98-140	endurcissement	M - Placer les semis dans l'abri solaire J - Arroser au besoin N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Après le 5 juillet	140 +	plante	P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin
OU			

(Suite à la page suivante)

Tableau 6 (suite)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
Du 5 juillet au 17 avril	140-426	stockage	N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences, fertiliser tous les 14 jours J - Arroser au besoin O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage Q - Après la première chute de neige, recouvrir la neige de paille, de carton, etc.
Du 17 avril au 8 mai	426-447	stockage	R - Enlever la paille, le carton, etc. J - Arroser au besoin
Après le 8 mai	447 +	plante	L - Commencer le programme de fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin
RÉCOLTE N° 2			
23 mai	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène
24 mai	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 17 h/j
1er juin	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin, le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à (± 2°C): Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 1er au 21 juin	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 21 au 28 juin	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin

(Suite à la page suivante)

Tableau 6 (suite et fin)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
Du 28 juin au 6 août	28-74	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin
Du 6 août au 2 octobre	74-131	endurcissement	M - Placer les semis dans l'abri solaire N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Du 2 octobre au 17 avril	131-328	stockage	J - Arroser au besoin Q - Après la première chute de neige, recouvrir la neige de paille, de carton, etc.
Du 17 avril au 8 mai	328-341	stockage	R - Enlever la paille, le carton, etc. J - Arroser au besoin
Du 8 mai au 5 juin	341-377	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage
Du 5 au 19 juin	377-391	endurcissement	S - Même chose que N mais tous les 7 jours J - Arroser au besoin O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage
Après le 19 juin	391 +	plante	P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin

*Le pH du substrat doit être contrôlé toutes les quatre semaines. Les détails relatifs aux prescriptions de fertilisants sont fournis aux pages 32 à 34.

Tableau 7. Calendrier de culture pour l'Épinette blanche, le Pin gris et le Pin tordu dans la zone de rusticité n° 2 (figure 11), à 2 récoltes par année

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
RÉCOLTE N° 1			
7 février	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène
8 février	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 18 h/j
16 février	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin, le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à ±2°C: Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 16 février au 1er mars	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 1er au 8 mars	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin
Du 8 mars au 17 mai	28-98	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin
Du 17 mai au 28 juin	98-140	endurcissement	M - Placer les semis dans l'abri solaire N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Après le 28 juin	140 +	plante	P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin
RÉCOLTE N° 2			
16 mai	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène

(Suite à la page suivante)

Tableau 7 (suite)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
17 mai	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 18 h/j
25 mai	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin, le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à ±2°C: Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 25 mai au 7 juin	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 7 au 14 juin	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin
Du 14 juin au 13 août	28-88	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin
Du 13 août au 2 octobre	88-138	endurcissement	M - Placer les semis dans l'abri solaire N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Du 2 octobre au 10 avril	138-328	stockage	J - Arroser au besoin Q - Après la première chute de neige, recouvrir la neige de paille, de carton, etc.
Du 10 avril au 1er mai	328-349	stockage	R - Enlever la paille, le carton, etc. J - Arroser au besoin

(Suite à la page suivante)

Tableau 7 (fin)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
Du 1er au 15 mai	349-363	vraires aiguilles endurcissement	S - Même chose que N mais tous les 7 jours J - Arroser au besoin O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage
Après le 15 mai	363 +	plante	P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin

*Le pH du substrat doit être contrôlé toutes les quatre semaines. Les détails relatifs aux prescriptions de fertilisants sont fournis aux pages 32 à 34.

Tableau 8. Calendriers de culture de l'Épinette blanche, du Pin gris et du Pin tordu dans la zone de rusticité n° 3 (figure 11), à 3 récoltes par année

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
RÉCOLTE N° 1			
31 janvier	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène
1er février	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 18 h/j
9 février	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à ±2°C: Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 9 au 22 février	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 22 février au 1er mars	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin
Du 1er mars au 10 mai	28-98	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin

(Suite à la page suivante)

Tableau 8 (suite)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
Du 10 mai au 21 juin	98-140	endurcissement	M - Placer les semis dans l'abri solaire N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Après le 21 juin	140+	plante	P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin
RÉCOLTE N° 2			
9 mai	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène
10 mai	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 18 h/j
18 mai	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à ±2°C: Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 18 au 31 mai	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 31 mai au 7 juin	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin
Du 7 au 21 juin	28-42	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K) à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin

(Suite à la page suivante)

Tableau 8 (suite)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
Du 21 juin au 20 août	42-102	vraies aiguilles	M - Placer les semis dans l'abri solaire L - Continuer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin
Du 20 août au 2 octobre	102-145	endurcissement	N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Du 2 octobre au 3 avril	145-328	stockage	J - Arroser au besoin Q - Après la première chute de neige, recouvrir la neige de paille, de carton, etc.
Du 3 au 24 avril	328-349	stockage	R - Enlever la paille, le carton, etc. J - Arroser au besoin
Après le 24 avril	349 +	plante	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin
RÉCOLTE N° 3			
20 juin	-1	avant la germination	A - Traiter les graines au peroxyde d'hydrogène
21 juin	0	germination	B - Ensemencer et recouvrir les graines C - Recouvrir à l'aide d'une toile en plastique transparente D - Température (maximale) de serre: 30°C le jour, 20°C + la nuit E - Lumière (minimale) dans la serre: 1,6 klx, 18 h/j

(Suite à la page suivante)

Tableau 8 (suite)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
29 juin	8	germination	F - Retirer la toile en plastique (pour le Pin, le 5e jour, pour l'Épinette, le 8e jour) G - Vaporiser légèrement H - Température de serre à ±2°C: Pin, 25°C le jour, 16°C la nuit; Épinette, 22°C le jour, 16°C la nuit I - Lumière (minimale) dans la serre: 10 klx, 18 à 22 h/j
Du 29 juin au 12 juillet	8-21	germination	J - Arroser au besoin
Du 12 au 19 juillet	21-28	vraies aiguilles	K - Éclaircir (un semis par alvéole) J - Arroser au besoin
Du 19 juillet au 20 août	28-60	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin
Du 20 août au 2 octobre	60-103	endurcissement	M - Placer les semis dans l'abri solaire N - Changer le programme de fertilisation et prendre la prescription D (N-P-K à 44-101-156 ppm) pour toutes les essences; fertiliser tous les 14 jours O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage J - Arroser au besoin
Du 2 octobre au 3 avril	103-286	stockage	J - Arroser au besoin Q - Après la première chute de neige, recouvrir la neige de paille, de carton, etc.
Du 3 au 24 avril	286-307	stockage	R - Enlever la paille, le carton, etc. J - Arroser au besoin
Du 24 avril au 24 mai	307-335	vraies aiguilles	L - Commencer la fertilisation avec la prescription A (N-P-K à 112-55-156 ppm) pour l'Épinette, la prescription B (N-P-K à 229-29-154 ppm) pour le Pin ou la prescription C (N-P-K à 125-60-159 ppm) pour une culture mixte d'Épinette et de Pin; fertiliser tous les 7 jours J - Arroser au besoin O - Protéger contre le gel à l'aide du système d'arrosage

(Suite à la page suivante)

Tableau 8 (suite et fin)

Date	Âge (jours)	Stade de croissance	Traitement*
Du 24 mai au 5 juin	335-349	vraies aiguilles	J - Arroser au besoin S - Même chose que N mais tous les 7 jours
Après le 5 juin	349+	plante	P - Expédier au lieu de repiquage J - Arroser au besoin

*Le pH du substrat doit être contrôlé toutes les quatre semaines. Les détails relatifs aux prescriptions de fertilisants sont fournis aux pages 32 à 34.

fiches précises relatives à la croissance de la récolte. Selon l'établissement et l'excellence de ses archives, un classeur de cartes indexées ou un ordinateur sophistiqué peuvent être utilisés pour enregistrer les données relatives aux sources des graines, à chaque récolte (avec renvoi à l'unité de culture), et dans une certaine mesure au destin éventuel de la récolte. Ces données nécessitent en général la participation d'organismes de l'extérieur, mais les renseignements sont nécessaires pour l'amélioration des récoltes.

Les fiches de culture doivent être faciles à maintenir tout en étant instructives. La meilleure méthode consiste à garder un registre près de la récolte de sorte qu'une observation ou le résumé d'un traitement puissent y être inscrits presque immédiatement. Trop souvent, les détails sont laissés jusqu'à la fin de la journée (ou parfois même de la semaine) et la mémoire fait défaut. Chaque unité de culture devrait disposer d'un endroit facile d'accès et réservé pour le classement des fiches. Il faut prendre un minimum de précautions pour veiller à ce que les cartes ne soient pas excessivement souillées, mais parfois une carte portant des marques d'eau est la meilleure garantie de l'inscription des données dans l'unité de culture.

Il y a une limite pratique à la quantité de renseignements qui peut être inscrite sur une fiche de culture. Les renseignements essentiels à l'identification d'une récolte sont: les essences cultivées, la source des graines, les unités de culture (serres et abris solaires), la date de commencement ou de déplacement et les quantités au départ. Le contrôle de la qualité doit être basé sur des renseignements relatifs à la germination des graines, à l'inventaire des semis, au poids anhydre des semis, au développement des bourgeons et au coefficient pousses/racines, aux dates d'arrosage et de fertilisation, aux traitements spéciaux appliqués dans les unités de culture, aux pannes de matériel, aux variations de l'environnement et aux problèmes de tourbe (figure 12).

La dimension de la fiche peut être réduite si le responsable des dossiers utilise des abréviations et des symboles pour identifier les tâches accomplies ou les problèmes confrontés.

Autres dossiers

Pour que l'analyse de la qualité de production soit complète, il doit y avoir des dossiers sur les sources des graines (ces dossiers doivent être tenus par le responsable de l'extraction des graines), ainsi que des dossiers dans l'établissement de repiquage tenus par le responsable du reboisement. Non seulement ces dossiers doivent-ils être maintenus, mais ils doivent être accessibles pour permettre à l'établissement de culture d'en faire l'analyse et évaluer de façon adéquate l'efficacité de ses méthodes.

Bibliographie choisie

Aldhous, J.R. 1972. Nursery practice. United Kingdom Forestry Commission. Bulletin No. 43. Her Majesty's Stationery Office. London.

IDENTIFICATION ET RÉSOLUTION DES PROBLÈMES

La plupart des problèmes peuvent être identifiés en constatant les anomalies de la graine, du milieu de germination ou des semis et en consultant la clé des symptômes (tableau 9). La clé renvoie à un index qui donne la liste des causes du problème observé et indique la page du présent manuel sur laquelle les mesures correctives appropriées sont inscrites (tableau 10).

Les deux exemples suivants indiquent la façon correcte d'utiliser la clé et l'index pour obtenir un diagnostic et apporter le remède.

FICHE DES SEMIS CONTENEURISÉS

Récolte n° _____ Espèce _____ Source des graines _____ Fiche de germination _____

Serre _____ Date d'entrée _____ Abri solaire _____ Date d'entrée _____

Bacs ensemencés _____ Nombre de semis par bac ____ Récolte totale après 20 semaines _____

Destination _____ Date d'expiration et quantité expédiée _____

Semaine	Remarques	Semaine	Remarques
0		11	
1		12	
2		13	
3		14	
4		15	
5		16	
6		17	
7		18	
8		19	
9		20	
10		20 +	

Côté 1

Date d'échantillonnage pour analyse _____

Semis n°	Poids anhydre des racines	Pousses			Poids anhydre total de la plante	Coefficient pousses/racines (poids anhydres)
		Poids anhydre	Longueur	État des bourgeons		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Total						
Moyenne						

Inventaire: nombre de semis dans les bacs — Totaux

1										
2										
3										
4										
5										
	5	10	15	20	25	30	35	40		

Moyenne par bac _____ Nombre de bacs _____

Nombre de semis disponibles _____

Côté 2

Quelques abréviations types

Abri solaire	**as**
Acide (pH < 7)	**ac**
Alcalin (pH > 7)	**al**
Arrosage	**a**
Champignon	**ch**
Couverture en plastique	**cp**
Douglas taxifolié	**Dt**
Éclaircie	**ec**
Enfouissement	**enf**
Épinette blanche	**Éb**
Épinette noire	**Én**
Fertilisant	**f**
Fonte des semis	**fs**
Germination	**G**
Graine	**gr**
Humidité	**h**
Identification des problèmes	**ip**
Lumière	**L**
Neutre (pH 7)	**n**
Pin gris	**Pg**
Pin tordu latifolié	**Pt**
Problèmes physiques pour les plantes	**ppp**
Regarnis	**reg**
Serre	**se**
Température	**T**
Tourbe	**t**

Pour les problèmes précis relatifs aux semis, voir le tableau 9 de la page 52.

Figure 12. Fiche d'inscription des renseignements sur les semis conteneurisés.

Tableau 9. Clé des symptômes pour l'identification des problèmes pouvant se présenter lors de la culture des semis en récipient

Problème	Référence*
1. Graine ou couche affectée	2
Semis affectés	5
2. Graine	3
Lit de germination	4
3. Germination nulle	F1b, M2, L3B
Germination médiocre	F1a, M2
4. Lit de germination recouvert d'algues	C4, E1a, M1
Lit de germination recouvert de champignons	A1b, G3
5. Pousses affectées	6
Racines affectées	30
6. Tiges	7
Aiguilles	11
7. Tiges déformées ou molles	8
Tiges coupées	10
8. Tiges déformées	9
Tiges molles	G1a, G1c
9. Semis de moins de 2 semaines	D2a, L3a
Semis plus âgés	I2
10. Cimes présentes	C2
Cimes absentes	H1, M3
11. Cotylédons	12
Aiguilles vraies	16
12. Aiguilles déformées	13
Aucune déformation	15
13. Aiguilles fasciées ou apparemment fasciées	D2, M4
Aiguilles pincées sur toute leur longueur et pointes blanches	14
14. Aiguilles individuelles séparées	F3
Aiguilles inséparables	F2, L1, L2
15. Aiguilles jaunissantes ou chlorotiques	A1a, A2
Pointes d'aiguilles blanches	D2, M4
16. Aiguilles vraies déformées	L1, L2, M5
Aucune déformation	17
17. Croissance et développement uniformes	I8
Croissance et/ou développement non uniformes	28

(Suite à la page suivante)

Tableau 9 (suite et fin)

Problème	Référence
18. Semis chlorotiques, jaunes ou brunissants	19
Semis vert foncé ou pourpres	27
19. Chlorose générale	20
Chlorose limitée aux nouvelles aiguilles	B4a, B4b
20. Programme de nutrition suivi à la lettre	21
Programme de nutrition non suivi à la lettre	B1-B4
21. pH de la tourbe supérieur à 7	A1b
pH non supérieur à 7	22
22. Semis en serre	23
Semis dans l'abri solaire ou à l'extérieur	25
23. Semis brunissant	24
Semis jaune seulement	A1b, A3a, E1b, L1, L2
24. Plantes verticales	G1b
Flétrissement puis brunissement des plantes	C3b, G2
25. Plantes jaunes seulement	A2b, A3a, E1b, L, L2
Plantes brunissant par endroits (moisissure évidente)	26
Flétrissement puis pâlissement des plantes	D1a
26. Pendant la première année de culture	G2
Pendant la deuxième année de culture	G4, M6
27. Coloration pendant la période de croissance	B2a, B3a
Coloration dans l'abri solaire ou au début de l'automne (particulièrement pour les pins)	M7
28. Croissance inégale mais vigoureuse	29
Croissance arrêtée	E2a, C3, A3a
29. Conditions non uniformes dans la serre	F
Conditions non uniformes d'étendue limitée	C1
30. Jeunes semis (0 à 4 semaines)	31
Semis plus âgés	32
31. Racines tordues et visibles en surface	L3a
Racines rabougries et brunes	A1a
32. Racines délimitées dans le milieu	33
Racines répandues dans le milieu mais croissance médiocre	B, C3a, A3b
33. Racines présentes seulement à proximité des parois du récipient	A3a, A3C
Racines présentes seulement dans la partie supérieure du récipient	A3c, C3b, C5

* Les lettres et les chiffres proviennent du tableau 10.

Tableau 10. Index des causes et solutions des problèmes qui peuvent se présenter lors de la culture des semis en récipient

Cause	Remède décrit à la page
A. Substrat	12
1. pH	12
a) faible	
b) élevé	
2. Chimie	12, 35
a) Teneur excessive en Na +	
b) Conductivité électrique trop élevée (sels)	
3. Structure physique	12, 13, 18, 35
a) Fine	
b) Grossière	
c) Compactée	
B. Nutrition	28, 40
1. Azote (N)	31
a) Déficient	
b) Excessif	
2. Phosphore (P)	31
a) Déficient	
3. Potassium (K)	31
a) Déficient	
4. Élément mineurs	29, 32
a) Fer (Fe) déficient	
b) Zinc (Zn) déficient	
C. Arrosage	34
1. Distribution inégale	34
2. Arrosage trop puissant — éclaboussement	
3. Fréquence	35
a) Trop souvent	
b) Trop peu souvent	
4. Eau sale	35
5. Arrosage insuffisant à l'occasion	35-37
D. Température	25, 26
1. Basse	
a) Gel	

(Suite à la page suivante)

Tableau 10 (suite)

Cause	Remède décrit à la page
2. Élevée	
a) Effet de serre dû à la toile en plastique	
b) Absence d'ombre dans la serre	
E. Lumière	27
1. Intensité	27
a) Faible	
b) Forte	
2. Photopériode	
a) Courte	
b) Longue	
F. Réactions des essences	
1. Sources des graines	18
a) Graine fendillée ou non mature	19
b) Dormance	19
2. Mutation (variégation)	
3. Contenu résineux élevé dans l'enveloppe de la graine	
G. Champignons	21, 27, 57
1. Fonte des semis	57
a) *Pythium*	
b) *Fusarium*	
c) *Rhizoctonia*	
2. *Botrytis* (moisissure grise)	21, 57
3. Saprophytes à la surface du substrat	57
4. Moisissure nivale	58
H. Insectes	58
1. Aiguilles mâchées	58
a) Sauterelles	
b) Divers	
2. Aiguilles sucées	58
I. Produits chimiques contaminants	
1. Agents de conservation du bois	57

(Suite à la page suivante)

Tableau 10 (suite et fin)

Cause	Remède décrit à la page
2. Herbicides	57
3. Traitements des graines	21, 57
a) Fongicide	22
b) Traitement excessif des graines à l'H_2O_2	22
M. Divers	
1. Couverture de terre insuffisante	23
2. Conditions propres à la germination non créées	24
3. Petits mammifères	58
4. Enveloppe de la graine non rejetée	Enlever les enveloppes
5. Croissance rapide	Vérifier les calendriers de culture
6. Dessiccation hivernale	37
7. Processus d'endurcissement normal	37

Exemple 1

La situation suivante est constatée dans l'abri solaire à la mi-octobre: les vraies aiguilles des semis de Pin gris ont une couleur pourpre, la croissance est uniforme et il n'y a aucune difformité apparente. Commencer à l'entrée 1—*semis en difficulté*; passer à l'entrée 5—*pousses en difficulté*; puis à l'entrée 6—*aiguilles*; sauter à l'entrée 11—*vraies aiguilles*; passer à l'entrée 16—*aucune déformation*; aller à l'entrée 17—*croissance et développement uniformes*, puis à l'entrée 18—*semis pourpres*; passer à l'entrée 27—la *coloration se produit dans l'abri solaire ou au début de l'automne (surtout chez les pins)* voir M7, qui dans le tableau 10 (index des causes et solutions) indique: processus d'endurcissement normal. La coloration est donc provoquée par l'endurcissement et aucun remède n'est nécessaire.

Exemple 2

Symptômes identiques au premier exemple, sauf que le problème surgit pendant la période de croissance. En parcourant la clé des symptômes (tableau 9), on arrive à la même entrée (27), mais dans ce cas *la coloration se produit pendant la période de croissance*, ce qui renvoie à B2a ou B3a (tableau 10). On voit que le problème est dû à une carence de P ou de K; les mesures correctives sont décrites à la page 31 et dans la phase de traitement L des calendriers de culture des tableaux 6, 7 et 8.

Remèdes précis aux problèmes dus aux champignons, insectes et petits mammifères

La résolution des problèmes dus aux champignons, insectes et petits mammifères dépend de la nature de l'agent et des limites d'application des moyens de lutte chimique. La salubrité est la clé de la prévention des maladies et des problèmes reliés aux insectes. L'élimination de la contamination chimique causée par les insecticides, fongicides, herbicides ou agents de préservation du bois est très difficile, parce qu'elle entraîne normalement des dommages permanents ou la mort. Par conséquent, la meilleure solution consiste à ne pas utiliser de produits chimiques dans la serre.

Problèmes dus aux champignons

Fonte des semis

La Fonte des semis de conifères dans les récipients devrait être rare. En effet, la Fonte des semis ne se produit que lorsque l'aire de remplissage et d'ensemencement des récipients n'est pas convenablement nettoyée. Les pathogènes qui causent la Fonte des semis sont principalement transportés dans le substrat et sont associés aux sols des jardins, surtout à ceux dont le pH est supérieur à 6,5. Dans certains champs de pépinières, les produits chimiques pour le traitement du substrat ou des graines sont utilisés pour contrôler la Fonte des semis. En général les fongicides ne sont pas nécessaires dans les récipients remplis de tourbe, parce que le pH est suffisamment bas pour empêcher le développement de la Fonte des semis.

Lorsque la Fonte des semis est établie, il n'y a pas de remède connu. Le meilleur traitement consiste à enlever le substrat et les plantes de la serre. Si la Fonte des semis est très répandue, il n'y a plus en général qu'à recommencer à neuf, en veillant à la salubrité des bâtiments et en utilisant une tourbe ayant un pH entre 4,5 et 5,5.

Botrytis (moisissure grise)

La moisissure grise qui s'attaque aux semis de conifères peut se répandre rapidement dans la serre ou dans l'abri solaire si elle n'est pas arrêtée. La maladie est aggravée par des taux d'humidité et des températures élevés. Pour combattre la maladie, on recommande de diminuer l'humidité, faire circuler l'air et utiliser un fongicide comme le captane (50 % d'ingrédient actif) ou le thirame (75 % d'ingrédient actif) à 2,4 à raison de 3,6 g par L ou encore du bénomyle à raison de 1,2 g par L pour vaporiser les semis. Si la maladie revient, on peut vaporiser chaque semaine. Tous les pesticides doivent être utilisés en respectant scrupuleusement les instructions du fabricant.

Champignons saprophytes

En général les champignons saprophytes sont plus nuisibles que dangereux pour les semis

cultivés dans des récipients, et aucun remède n'est nécessaire. Cependant, on a déjà (à une occasion) observé à la surface du sol un champignon charnu qui menaçait d'écraser les semis. Ce champignon, identifié comme étant *Piziza trachycarpa* Curry, a été trouvé dans des substrats d'un pH supérieur à 7,0 et n'a pu être transféré à des substrats ayant un pH inférieur. Si ce champignon crée des problèmes, il est préférable de se débarrrasser du substrat contaminé et de recommencer avec un substrat ayant un pH approprié.

Moisissure nivale

La moisissure nivale peut être causée par divers champignons, mais les méthodes de lutte sont les mêmes. Les fongicides contenant des métaux lourds (par exemple le mercure, le chrome et le cadmium) ont été utilisés par le passé, mais leur utilisation est strictement limitée, ou leur production a été arrêtée. Le problème peut être résolu, partiellement ou totalement, chez les sujets installés pour l'hiver, en les protégeant contre l'alternance de gel et de dégel au printemps. Après la première chute de neige persistante (1er décembre), il faut recouvrir la neige de carton ou de paille pour l'empêcher de fondre avant la fin du printemps. Cela empêche la formation d'une couche de glace qui facilite la croissance des champignons sur les plantes.

Problèmes causés par les insectes

La lutte contre les insectes en serre se limite à des mesures visant les acariens et les pucerons. Les acaricides comme l'aramite et le tédion peuvent être utilisés contre les acariens, et le malathion contre les pucerons. Si l'infestation est importante, nous recommandons l'utilisation de fumigateurs. Les insecticides et leur taux d'application pour la lutte contre les insectes infestant les plantes ligneuses cultivées en serre sont fournis au tableau 11.

Dans les abris solaires ou sur le terrain, juste avant le repiquage, les sauterelles peuvent causer des dommages considérables aux jeunes semis de conifères en déformant ou dévorant les cimes. Le problème ne se présente que lorsque les sauterelles ont pu se multiplier. Les populations de sauterelles autour d'une pépinière peuvent être maintenues au minimum grâce à une culture adéquate du sol et à une rotation appropriée des plantes cultivées. La prévention des dommages causés par les sauterelles lors du repiquage est facilitée en limitant le repiquage aux régions récemment scarifiées. Les populations se développent rapidement dans les régions scarifiées seulement dans les deuxième et troisième années après la scarification. Or les semis de conifères ne sont vulnérables qu'au cours de la première année consécutive au repiquage. L'hivernage des semis dans la pépinière fournit également un certain degré de protection.

Problèmes causés par les petits mammifères

Les mulots, notamment le campagnol des champs, peuvent pénétrer dans la serre pendant la période de culture et manger les graines ou endommager les jeunes semis. Cependant, il est plus probable que ces rongeurs constituent un problème à l'extérieur, dans l'abri solaire, et dans les stocks qui ont hiverné, où ils peuvent construire leurs nids dans les tas d'aiguilles situés juste sous la neige et se nourrir régulièrement des semis. À l'occasion, des mammifères plus gros comme les cerfs de Virginie peuvent pénétrer dans l'abri solaire pour brouter, mais l'installation de clôtures adéquates devrait résoudre ce problème.

Les mulots, les spermophiles et peut-être les écureuils roux devraient être éliminés des zones de culture des semis de conifères. On peut les piéger efficacement à l'aide de pièges-cages ou de pièges à mâchoires. Cependant, l'utilisation d'appâts empoisonnés est probablement la façon la moins chère et la plus efficace de s'en débarrasser. Les appâts contenant de la strychnine et du phosphure de zinc donnent de très bons résultats. La coupe régulière de la pelouse et l'élimination des mauvaises herbes qui constituent des endroits privilégiés pour la construction des nids réduisent également la population de rongeurs autour de la serre et de l'abri solaire.

Bibliographie choisie

Anderson R.F. 1960. Forest and shade tree entomology. John Wiley and Sons, Inc. N.Y.

Bloomberg, W.J. 1966. Grey mould of Douglas-fir seedlings. Canada Department of Forestry, Canadian Forestry Service. Bi-Monthly Research Notes 22(4):7.

Nairn, L.D. and K. Froning. 1977. Grasshopper damage to pine container seedlings in southeastern Manitoba. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre. Information Report NOR-X-191.

Tableau 11. Insecticides homologués pour la lutte contre les insectes ravageurs des plantes ligneuses cultivées dans les serres*

Insecte	Insecticide	Dose (ingrédient actif ou i.a.) Unités anglaises (onces liquides)	Unités métriques
Pucerons	diazinon	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
	dichlorvos	20 oz/100 gal	625 mL/500 L
	oxydemeton-méthyl	14.4 oz/100 gal	450 mL/500 L
	phosphamidon	9.28 oz/100 gal	290 mL/500 L
Cochenilles	dichlorvos	0.225 oz/1000 pi^3	6,9 mL/100 m^3
Chrysopes	azinphos-méthyl	0.22 oz/1000 pi^2	6,7 mL/100 m^3
	naled	0.86 oz/10 000 pi^3	25,9 mL/300 m^3
Mineuses	lindane	1 fumigant/10 000 pi^3	/300 m^3
		ou 4 oz/100 gal	ou 125 mL/500 L
	oxydemeton-méthyl	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
Acariens	diazinon	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
	dicofol	3.5-7 oz/100 gal	190-219 mL/500 L
	malathion	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
	oxydemeton-méthyl	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
	phosphamidon	2 oz/100 gal	62,5 mL/500 L
Kermès	malathion	10-20 oz/100 gal	312-625 mL/500 L
	huile minérale	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
Thrips	diazinon	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
	malathion	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
	huile minérale	1.5 oz/1 gal	47 mL/500 L
	oxydemeton-méthyl	8 oz/100 gal	250 mL/500 L
Aleurode	diazinon	15 oz/100 gal	468 mL/500 L
des serres	dichlorvos	20 oz/100 gal	625 mL/500 L
		ou 1 fumigant/10 000 pi^3	/300 m^3
	naled	1 fumigant/10 000 pi^3	/300 m^3
	nicotine	12 oz/100 gal	325 mL/500 L

* Arrêter les vaporisateurs; s'assurer que les fleurs et les feuilles sont sèches. Fermer les fenêtres et les portes, verrouiller les entrées et installer des panneaux d'avertissement. Évacuer les lieux. Vaporiser les feuilles jusqu'au point de ruissellement, en suivant à la lettre les directives fournies par le fabricant. Aérer complètement avant de rentrer 24 à 48 heures après le traitement. Pour les acariens, répéter à toutes les 2 semaines.

Peterson, G.W. and R.S. Smith, Jr. 1974. Forest nursery diseases in the United States. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook 470. 125 pp.

Stoeckeler, J.H. and P.E. Slabaugh. 1965. Conifer nursery practice in the prairie-plains. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook 279. 93 pp.

MANIPULATION ET EXPÉDITION

Les semis doivent quitter la pépinière en bon état et bien préparés pour le transport au lieu de repiquage. Une fois que les semis ont atteint le stade du repiquage, les bacs doivent être transportés au lieu d'expédition. Cela peut être fait à la main ou par convoyeur à courroie, convoyeur à rouleaux, ou palettes. Les bourgeons terminaux ou la couronne des semis ne doivent pas être endommagés pendant le transport. Une fois en place, les semis ne doivent pas être dérangés.

Avant l'expédition, le personnel qui reçoit les semis doit être avisé de leur arrivée. Dans certains cas, il est à conseiller que le responsable sur le terrain soit au courant des méthodes de culture de la pépinière avant l'expédition, pour assurer la continuité entre la pépinière et le terrain. Enfin (très important), les semis doivent être arrosés convenablement pour pouvoir supporter le déplacement jusqu'au lieu de repiquage.

Les semis peuvent être expédiés soit dans les bacs où ils ont été cultivés, soit emballés après avoir été extraits des bacs. La manutention dans la pépinière est maintenue au minimum dans la première méthode, mais les considérations d'espace et les aspects environnementaux reliés au rejet des récipients peuvent justifier une préférence pour la dernière méthode. L'expédition en bacs exige le retour des bacs à la pépinière pour éviter l'accumulation de déchets sur le terrain de repiquage. Dans certains systèmes, le récipient ne peut être retourné, mais tous les systèmes ont des bacs réutilisables. Tous les systèmes n'ont pas fait l'objet d'une analyse économique comparant le transfert des bacs de la pépinière au lieu de repiquage et vice-versa, à l'emballage et l'expédition depuis la pépinière.

Parce que la motte de racines reste cohérente une fois extraite, l'emballage ressemble à celui d'une exploitation à racines nues; les semis peuvent être emballés dans une boîte ou enveloppés dans des paquets spéciaux dont les dimensions facilitent le travail des équipes de repiquage.

L'expédition des semis doit être faite par camion frigorifique pour protéger les plantes contre la dessiccation et la chaleur. Les semis expédiés dans les bennes des wagonnettes doivent être protégés contre le vent et le soleil pendant le transport à l'aide d'une bâche ou d'une toile de camping. Une fois le camion arrêté, les semis doivent être placés dans un endroit protégé près du lieu de repiquage.

Bibliographie choisie

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

REPIQUAGE

Toutes les précautions du monde sont inutiles si l'étape finale n'est pas bien réalisée. Le repiquage des semis constitue le dernier contact humain d'un programme de culture des semis en récipients. En théorie, le contact suivant entre l'arbre et des êtres humains n'aura lieu qu'au moment de la récolte. Parce que le repiquage est si capital, le responsable des ressources devrait organiser des "cours" spéciaux sur les techniques appropriées à l'intention des équipes de repiquage.

Les soins précédant le repiquage constituent un prolongement de l'expédition et du stockage. Une fois que les semis ont atteint le lieu de repiquage, ils devraient être stockés dans un endroit ombreux qui peut être protégé contre les rongeurs et autres mammifères et où de l'eau est disponible pour garder les mottes humides. Il est essentiel de maintenir l'humidité dans les récipients à un niveau optimal jusqu'au moment du repiquage. Les semis qui subissent le stress dû à un manque ou un excès d'humidité ont moins de chances de survivre. Les semis devraient être repiqués le plus tôt possible; si cette opération est retardée, il faut s'attendre au pire.

Il existe plusieurs types d'outils de repiquage, notamment des pelles (truelles), des plan-

toirs, des barres, des pioches et des houes de jardin. Des outils spéciaux pour le repiquage des semis en récipients ont été mis au point et, selon le type de sol, certains sont efficaces. Il y a deux types d'outils manuels récemment mis au point: l'un repousse le sol et laisse tomber le semis dans le trou ainsi créé (Pottiputki), et l'autre est une vrille à moteur qui creuse un trou pour recevoir le semis.

Des machines à repiquage remorquables ont été mises au point, mais leur succès est limité par la nature du terrain et la forme du récipient. La mise au point d'une bonne machine pour le repiquage des semis en récipient ne saura tarder une fois que les ingénieurs, forestiers et autres, s'y seront appliqués.

Les méthodes de repiquage classiques utilisées pour les semis à racines nues peuvent être utilisées ou modifiées légèrement pour les semis de conifères conteneurisés. Il est essentiel que la motte contenant les racines du semis soit placée à la verticale et maintenue en place. Dans les sols très argileux, la motte de tourbe peut être expulsée du sol par la contraction due au gel. Il importe particulièrement d'utiliser le type de motte qui permet un développement rapide des racines dans le sol ambiant. Une interface médiocre entre la motte de tourbe et le sol qui l'entoure empêche également une assimilation efficace de l'humidité. Les trous devant recevoir les mottes doivent être de la bonne profondeur. S'ils sont trop profonds, il se forme des poches d'air sous les mottes qui peuvent les assécher et, s'ils sont trop superficiels, les mottes émergent légèrement du sol ou le repiqueur les comprime dans les trous et déforme les racines. Enfin, il importe de recouvrir la partie supérieure de la motte de tourbe d'un peu de terre pour empêcher l'évaporation rapide de l'eau. À mesure que l'eau s'évapore, la motte sert de mèche et en peu de temps toutes les racines contenues dans la motte subissent un stress d'humidité. Les plantoirs carotteurs sont très utiles parce qu'ils permettent la formation d'une bonne interface motte-sol.

Il n'y a pas de traitement après repiquage, mais une certaine forme de traitement peut être nécessaire dans les cas spéciaux. Des herbicides peuvent être utilisés pour éliminer la concurrence des mauvaises herbes, et dans les années particulièrement sèches, des pompes d'irrigation peuvent être nécessaires pour faciliter l'établissement des semis.

Bibliographie choisie

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council Publication No. 68. 458 pp.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Ivor Edwards, Ralph Huber, Elmer Wambold et Jim Ball, du Centre de recherche forestière du Nord, qui nous ont conseillé sur les divers aspects de la culture des semis en récipient, ont fourni de la documentation et proposé des critiques constructives pour la préparation du manuscrit. Pat Logan et Ross Waldron se sont occupés de la relecture technique et de la révision.

BIBLIOGRAPHIE

Ackerman, R.F., D.J. Crossley, L.L. Kennedy, and J. Chedzoy. 1965. Preliminary results of a field test of bullet planting in Alberta. Canada Department of Forestry, Forest Research Branch. Publication 1098.

Aldhous, J.R. 1972. Nursery practice. United Kingdom Forestry Commission. Bulletin No. 43. Her Majesty's Stationery Office. London.

Anderson, R.F. 1960. Forest and shade tree entomology. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.

Baker, K.F. (Ed.). 1957. The U.C. system for producing healthy container grown plants. California Agriculture Experiment Station. Manual 23. 332 pp.

Black, C.A. (Ed.). 1965. Methods of soil analysis. Part 1 and Part 2. American Society of Agronomy. Madison, Wisc.

Bloomberg, W.J. 1966. Grey mould of Douglas-fir seedlings. Canada Department of Forestry, Canadian Forestry Service. Bi-Monthly Research Notes 22(4):7.

Bonner, J. and A.W. Galston. 1952. Principles of plant physiology. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 499 pp.

Canadian Standards Association. 1976. Canadian metric practice guide. Rexdale, Ont. Publication CAN3-Z234.1-76. 48 pp.

Carlson. L.W. (Ed.). 1976. [Seedling production on the Prairies]. Environment Canada, Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre. Forestry Report Vol. 5, No. 4

Carlson. L.W. and F. Endean. 1976. The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research 6:221-224.

Carman, R.O. 1967. An industrial application of the container planting technique. Pulp and Paper Magazine of Canada 68(4):WR:181-188.

Cayford, J.H. 1972. Container planting systems in Canada. Forestry Chronicle 48:235-239.

Cheung, Kin-Wah. 1973. Induction of dormancy in container-grown western hemlock (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg). British Columbia Forest Service Research Notes. No. 59. 5 pp.

Dobbs, R.C., D.G.W. Edwards, J. Konishi, and D. Wallinger. 1976. Guideline to collecting cones of B.C. conifers. British Columbia Forest Service/Canadian Forestry Service Joint Report No. 3. 98 pp.

Endean, F. and L.W. Carlson. 1975. The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pine seedlings. Canadian Journal of Forest Research 5:55-60.

Furato, Tokuji. 1968. Nursery management handbook. University of California *and* U.S. Department of Agriculture Cooperative Publication.

Goodwin, O.C. 1975. Greenhouse container seedling production manual. North Carolina Department of Natural and Economic Resources, Forest Resources. Forestry Note No. 19. 23 pp. plus illus.

Horwitz, W. (Ed.). 1975. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12th Ed.

The LaMotte soil handbook. 1967. Research Department, LaMotte Chemical Products Co. Chestertown, Md.

Matthews, R.G. 1971. Container seedling production: a provisional manual. Canada Department of Environment, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. Information Report BC-X-58. 57 pp.

Nairn, L.D. and K. Froning. 1977. Grasshopper damage to pine container seedlings in southeastern Manitoba. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre. Information Report NOR-X-141. 12 pp.

Ouellet, C.E. and L.C. Sherk. 1967. Map of plant hardiness zones in Canada. Canada Department of Agriculture. Catalogue No. A52-3867.

Peterson, G.W. and R.S. Smith, Jr. 1974. Forest nursery diseases in the United States. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook 470. 125 pp.

Roller, K.J. 1977. Suggested minimum standards for containerized seedlings in Nova Scotia. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. Information Report M-X-69. 18 pp.

Saskatchewan Department of Tourism and Renewable Resources. [n.d.] Cone picker's guide. Extension Services Branch. Unnumbered brochure.

Sherk, L.C. and A.R. Buckley. 1968. Ornamental shrubs for Canada. Canada Department of Agriculture, Research Branch. Publication 1286. 187 pp.

Stoeckeler, J.H. and P.E. Slabaugh. 1965. Conifer nursery practice in the prairie-plains. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook 279. 93 pp.

Tinus, R.W., W.I. Stein, and W.E. Balmer. (Eds.). 1974. Proceedings of the North American containerized forest tree seedling symposium. Denver, 1974. Great Plains Agricultural Council. Publication No. 68. 458 pp.

Tinus, R.W. and S.E. McDonald. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. U.S. Department of Agriculture, Forestry Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-60. 256 pp.

Truog, E. (Ed.). 1961. Mineral nutrition of plants. University of Wisconsin Press. Madison, Wisc.

U.S. Department of Agriculture. 1961. Yearbook of Agriculture 1961. Seeds. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

_____. 1974. Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook 450. 883 pp.

Waldron, R.M. (Ed.). 1972. Proceedings of a workshop on container planting in Canada. Environment Canada, Canadian Forestry Service, Directorate of Program Coordination. Information Report DPC-X-2. 168 pp.

ANNEXE 1

UNITÉS UTILISÉES*

Symbole	Nom	Quantité mesurée
°C	degré Celsius	température
cm; mm	centimètre; millimètre	longueur (1 cm = 0,39 po)
dm^3	décimètre cube	volume (1 dm^3 = 1 L)
g; mg	gramme; milligramme	masse (1 g = 0,04 oz)
h	heure	temps
j	jour	temps
klx	kilolux	éclairement lumineux (1 klx = 92,85 candelas-pied)
L; ml,	litre; millilitre	volume (1 L = 0,22 gal)
méq	milliéquivalent	poids d'un composé
min	minute	temps
mS	millisiemens	conductance électrique (1 mS = 0,001 mho)
ppm	partie par million	quantité de substance
s	seconde	temps

* Les unités SI (métriques), les préfixes et les équivalents du système anglais font l'objet d'une exposition complète dans le Guide de familiarisation au système métrique (Association canadienne de normalisation, 1976).